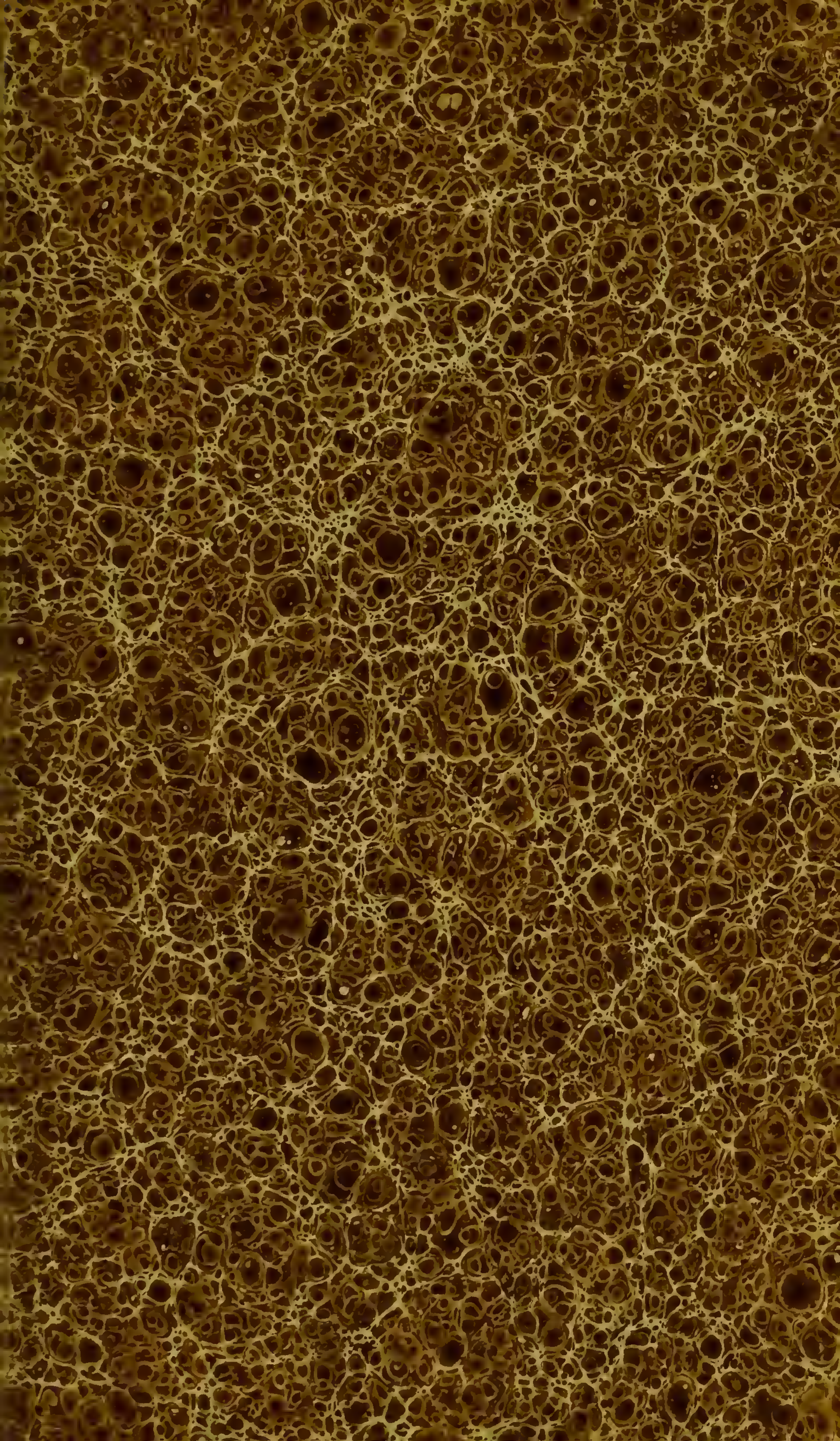






INTRODUCTION

A L'ÉTUDE

DE LA CHIMIE.

IMPRIMÉ CHEZ PAUL RENOUARD,
rue Garancière, n. 5.

INTRODUCTION

A L'ÉTUDE

DE LA CHIMIE,

PAR

ÉMILE ROUSSEAU,

Fabricant de produits chimiques, ex-Professeur de chimie
à l'École d'enseignement élémentaire supérieur de la Ville,
Préparateur du cours de Chimie organique de la Faculté de médecine,
ex-Répétiteur de chimie générale à l'École centrale
des arts et manufactures.

PARIS

MÉQUIGNON-MARVIS FILS,

LIBRAIRE-ÉDITEUR,

RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 3,

1845.


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

BUT DE CE LIVRE.

En publiant ce petit volume, je n'ai point eu la prétention de créer une de ces œuvres originales qui, par des spéculations d'esprit trop souvent hasardées et trop souvent spécieuses, surgissent au milieu des discussions scientifiques, comme pour tout aplanir, tout arranger et même tout expliquer. Mon but est plus humble, quoique difficile. Je cherche aujourd'hui à grouper autour d'une philosophie naturelle et simple les faits les plus généraux de la science, puisés dans les travaux les plus consciencieux de toutes les époques et de tous les maîtres. J'ai voulu seulement réunir à une unité commune tous les faits dont les rapports, simples entre eux,

et toujours constans dans les mêmes circonstances, ont été spécialisés sous le nom de *lois*, et relier entre elles, sous l'empire du même principe, celui de la nature, toutes les divisions qui semblent éparses et isolées, que l'étude de la science est forcée d'admettre.

Ce travail est donc dépouillé de toute spéculation de théories et de personnes. J'ai tâché de formuler le plus simplement, et avec le plus de clarté possible, les principes généraux de la chimie, qui une fois bien gravés dans l'esprit, permettent d'aborder toutes les particularités avec méthode et avec plus de fruit.

Dans tous les livres, cette partie de la science est presque toujours la plus négligée. Il semble que les auteurs n'aient vu dans ces généralités qu'un sujet trop peu important pour lui consacrer leurs soins; ou bien n'est-ce que le résultat de la préoccupation des hautes intelligences, qui, ayant pour elles l'entendement des principes généraux de la

science, aient négligé les préliminaires pour saisir plus amplement et plus vite le sujet de leurs conceptions? Dans un ouvrage de haute portée est-il même possible de descendre aux détails élémentaires que demande l'esprit de ceux qui commencent l'étude de la science?

Quelle que soit la raison, cette espèce d'abandon est un malheur qui porte directement sur tous. Quoi de plus difficile, en effet, que de concevoir l'ensemble d'une multitude de faits dont la connaissance a demandé des siècles, des années, et la vie des hommes les plus illustres? quoi de plus difficile encore que de présenter à un esprit neuf tout d'abord, et de manière à être compris, les principes les plus exacts de la nature, qui résultent de l'observation de faits qu'il ignore? Les difficultés, comme on le voit, sont grandes; mais plus le sujet est aride, plus il faut réunir d'efforts pour le rendre facile.

Tel est le seul motif qui peut m'excuser d'avoir publié l'introdution *élémentaire* d'une science qui n'est même pas encore faite, et

de faire, en quelque sorte, la part de toutes les nouvelles idées qui tous les jours apparaissent, appuyées le plus souvent de grandes autorités. Si j'ai négligé telle opinion pour en adopter une autre, ce n'est point par esprit de controverse, ni sans l'avoir méditée; mais c'est que jusqu'ici on peut faire de justes reproches à la plus grande partie de ces travaux sans antécédens, qu'on publie chaque année. Ceux qui devraient marquer la route indiquée par les principales autorités, on les trouve peu soucieux de ce qu'ont fait les autres; ils ne sont guidés par aucune idée philosophique, par aucun principe qui puisse plus tard s'ériger en doctrine. On y voit trop facilement le désir personnel d'occuper pour quelques instans l'attention d'un monde particulier, et non le désir d'établir la science sur une base que la vérité seule peut abriter de toute chute. La chimie est la science de toute la nature, qui, plus curieuse que toute autre, va la surprendre jusque dans ses secrets les plus cachés, et dévoiler à nos yeux

un monde nouveau, dont les lois et les théories ne sont pour nous que le langage.

Mais si elle peut ainsi se spécialiser à tout, d'autre part, elle s'appuie sur les autres branches des connaissances humaines, et constitue ainsi l'immense unité de la *vie de l'univers.*

Avant donc d'en entreprendre l'étude, il faut nécessairement se faire une idée exacte de sa nature et des rapports les plus généraux qu'elle peut avoir avec le reste de la création; il faut juger à sa juste valeur la solidarité individuelle de chaque être. Or, cette appréciation peut-elle être faite sans un principe qui devienne la base fondamentale de tous les raisonnemens, et au moins avec l'aide duquel, lors même qu'il serait faux, on aurait l'avantage de n'avoir qu'à changer des mots sans faire rétrograder les idées beaucoup trop loin.

La nature, au contraire, morcelée par chaque science, divisée ensuite, au gré de chacune d'elles, en autant de spécialités qu'elle peut offrir de faits particuliers, ne

deviendrait plus qu'un immense cadavre, dont les membres séparés seraient impitoyablement disséqués, sans qu'on puisse jamais les réunir de manière à reconstituer le tout principal.

Uniquement fondée sur l'observation des faits et des rapports de tous les êtres entre eux, la chimie ne procède, en œuvres et en raisonnemens, que par voie d'analyse et d'induction. Elle a donc besoin de recueillir toutes les particularités qu'elle observe, de les coordonner, afin de pouvoir établir son système en regard des faits que la nature lui présente, et dont elle cherche l'explication. C'est positivement ce système qui nous manque aujourd'hui.

On ne trouve pas dans la plupart des écrits de l'époque, cette foi, cette croyance systématique, qui, en faisant des livres l'évangile des travailleurs, pourrait les rallier tous à la même cause, et les diriger tous au même but; on n'y rencontre pas, en un mot, ce feu sacré qui, dans les siècles passés, sut faire

de si grands hommes et de si belles choses, quoique ces croyances eussent le plus généralement un sujet fort vague. Tandis qu'appuyés sur les mêmes bases, les efforts de tous tourneraient au profit de chacun, à ceux du maître qui enseigne et de l'élève qui apprend : l'un aurait moins d'embarras à venir le lendemain défaire l'édifice qu'à force d'esprit et de peine il avait débrouillé la veille, et l'autre, confiant dans la route qu'il suit, ne s'arrêterait plus à des misères qui lui deviendraient inutiles lorsqu'il pourrait y réfléchir, et n'aurait plus à vaincre les difficultés incessantes que lui apportent toutes ces idées personnelles, conçues souvent sans l'expérience du temps et du travail.

Cependant, au milieu de l'embarras scientifique, nous voyons parfois quelques hautes intelligences sentir le besoin de rassembler tout ce chaos de théories et de faits, et chercher à les réunir en un faisceau commun à leur ordre d'idées. Qu'on leur sache gré de leurs efforts, lors même qu'ils se trompent : ils

ont au moins indiqué une route, ne serait-ce que par l'opposition qu'ils ont soulevée.

C'est donc guidé par la simplicité que met la nature dans toutes ses œuvres, et en réunissant les faits généraux de la chimie à un même principe, que j'ai cherché à les rendre plus faciles, mais non moins exacts. J'en ai élagué toute théorie hypothétique basée sur des faits et des réactions qui sont naturellement étrangers à celui qui commence; je n'ai voulu énoncer ici que les principes de la science nécessaires au début de l'étude, me réservant de réunir d'une manière analogue toutes ces mêmes théories, tous les faits et même toutes les idées émises jusqu'à ce jour, pour servir ainsi de *complément à l'étude de la chimie.* Je m'estimerai déjà heureux si, pour quelques-uns de ceux qui en commencent l'étude, je puis avoir atteint mon but.

INTRODUCTION

A

L'ÉTUDE DE LA CHIMIE.

CHAPITRE PREMIER.

Considérations générales.

Lorsque, frappés des rapports constans qui lient tous les êtres de la nature, nous cherchons à en pénétrer les mystères, notre imagination est promptement conduite à en reconnaître la perfection de l'ensemble, la richesse des combinaisons limitées à la simplicité des procédés. On voit bientôt que, malgré un contraste apparent, le monde présente une harmonie réelle qui en dirige tous les faits, et qu'une succession non interrompue des fonctions propres à chaque individu assure la plénitude de son existence et le maintien de son organisation.

C'est dans cette harmonie générale que nous trouvons tout naturellement les preuves les plus grandes de l'indestructibilité de la matière, en voyant que sans cesse l'être succède à l'être, et que, de l'anéantissement d'un ordre de fonctions ou d'un ordre symétrique surgit une sorte de fécondité.

Les exemples sont nombreux; le choix devient facile chez les êtres organisés, en ne considérant, pour eux, la vie que comme un état particulier dans lequel le jeu des organes et l'assimilation s'opposent, à chaque instant, à la destruction. Dès-lors, tant que la matière sera soumise aux influences qui lui ont été primordialement assignées, elle conservera sous la même forme ses rapports avec les êtres, et parcourra en cet état un laps de temps que nous pourrons appeler *la vie.* Mais à peine ces forces auxquelles elle obéit cessent-elles d'agir, que ce terme, que nous nommerons la *mort*, une fois atteint, toutes ces matières, quelque compliquées que soient leurs combinaisons, arrivent à un état de composition de plus en plus simple, jusqu'à ce que, réduites même à la réunion de deux substances seulement, elles peu-

vent de nouveau concourir à la formation de nouveaux êtres. Parmi tant d'autres faits, l'arbre, qui croît sous nos yeux, en nous offrant cette succession de phénomènes, en atteste la vérité. A chaque printemps ne le voyons-nous pas pousser de nouvelles feuilles qui sont pour lui les organes indispensables de l'assimilation, puisant dans l'air tous les principes qu'il élabore ensuite dans son individu ; puis les fleurs apparaissent, portant avec elles dans le fruit les moyens de reproduction de l'espèce, but principal de tout ce jeu d'organes et de fonctions. Mais pendant que cet arbre s'épuise ainsi à produire de nouveaux êtres, il a travaillé aux dépens de sa propre substance, il a donné de sa matière qu'il lui faut recouvrer, plus vite et plus abondamment qu'en puisant aux sources qui l'ont fait vivre pendant tout le temps de son travail. La nature a prévu ces besoins : la saison change, les feuilles qui ont accompli leur vie, meurent, se détachent des branches, et, en tombant sur le sol, y trouvent toutes les conditions nécessaires pour être détruites et transformées en une suite de composés plus simples, qui, seuls assimilables,

retournent sous ces autres formes à la source d'où elles émanent. Qu'il me suffise d'ajouter que non-seulement les végétaux portent ainsi avec eux les moyens de leur existence pendant la vie, mais encore qu'après leur mort l'espèce de destruction que subit leur substance, et qu'on peut considérer, sans y réfléchir d'abord, comme l'anéantissement de l'individu, n'est que l'accomplissement des mêmes phénomènes sous les mêmes influences au profit de toute la nature. Ainsi s'effectue l'acte merveilleux qui vient offrir à un être privé du secours de cet instinct, de cette intelligence qui donnent au règne animal sa suprématie, les ressources dont il a besoin pour entretenir sa propre vie, ou qui exerce sur lui l'empire des forces primitives pour en faire l'aliment d'autres êtres dont la vie commence. Mais ce n'est point sur la substance des végétaux seulement que s'exerce cette puissance de régénération de la matière; tout dans l'univers est sujet des mêmes lois, depuis la plus petite pierre jusqu'à l'homme, ce chef-d'œuvre de la création, qui, une fois dépouillé des nobles facultés de l'âme intelligente que seul il possède, rentre dans

l'ordre de succession des phénomènes qui régissent la matière, et revêt les formes nécessaires pour entrer de nouveau dans la vie commune. Cela seul nous explique, s'il est possible, la nécessité de la vitesse avec laquelle le temps opère la destruction des êtres dont l'organisation la plus complexe et la plus parfaite peut fournir le plus d'alimens à la vie générale. Ces résultats du reste seront plus tard faciles à vérifier, car la chimie nous apprendra les moyens à l'aide desquels, en se plaçant dans des circonstances favorables, et en opérant avec des appareils convenables, on peut suivre à chaque instant les progrès de la décomposition, et en recueillir tous les résultats. Dès-lors ces produits dégoûtans qui résultent de la putréfaction, ces gaz infects qui s'en dégagent, ne deviennent plus pour le chimiste que de nouvelles organisations, dans lesquelles il voit revivre la même substance, et dont il constate par le fait l'indestructibilité.

Mais la nature, en faisant ainsi parcourir à la matière ce cercle de transformations de toute sorte, ne peut évidemment atteindre à la régularité qu'exige le rapport de tous les êtres entre

eux, qu'en procédant toujours avec les mêmes moyens, et dans des situations toujours semblables, sans dévier jamais de sa route, car chaque individu, solidaire de celui qui le précède et de celui qui le suit, fait partie constituante de tout cet ensemble que l'absence de la plus petite partie bouleverserait à l'instant. Aussi l'observation a-t-elle conduit aujourd'hui la science à voir dans tous ces composés un certain nombre d'êtres particuliers immuables dans leur essence et dans leurs propriétés, qui sont devenus, sous l'empire de forces et de lois mathématiques, les plus sévères, les élémens de ce tout matériel. Chaque être animé, chaque minéral, tout jusqu'à la moindre poussière, ne sont point des créatures qui une fois sorties du néant, vivent, existent pour leur propre compte, sans plus tenir au reste de la création. Non! il y a plus, sans même y comprendre ce principe presque divin qui constitue la volonté d'agir de tout les animaux, il y a cette relation entre tous, qui fait que l'homme même de sa nature, formé d'un peu de chacune de ces matières primitives, est partie constituante de la terre qu'il foule à ses pieds, de l'atmosphère qui l'entoure, dans la-

quelle il envoie l'aliment nécessaire à l'existence d'autres êtres qui lui reviennent après sous une forme analogue , et dont il a besoin.

Désormais, pour marcher avec logique au but que nous voulons atteindre, nous pouvons établir avec certitude que *la matière est indestructible*, *que tout le monde entier est constitué d'êtres formés par un certain nombre d'élémens associés sous mille formes diverses*, *par des lois simples et invariables*, *que rien ne se crée plus*, *que le principe seulement se modifie.* C'est l'observation attentive de toutes ces relations, de toutes ces lois, c'est la connaissance des caractères de ces élémens, qui constituent la partie de la science que l'on appelle *chimie.*

La chimie ayant ainsi pour but d'examiner les diverses transformations de la matière, exécutées sous l'influence de lois rigoureuses, de considérer en particulier et dans leur ensemble les rapports de chaque composé à l'égard de tous, ses résultats, et ses inductions ne doivent avoir d'autres limites que celles des faits matériels. Ses observations ne peuvent avoir de valeur qu'autant qu'elles seront faites avec l'exac-

titude qui peut la mettre en harmonie avec la loi naturelle, et chaque pas dans son domaine ne peut et ne doit être fait que la mesure à la main. Or, comme le langage des sciences, qui embrasse la définition des principes, est le premier instrument que les hommes aient employé pour faciliter les conceptions de leur esprit, il est essentiel que cet instrument, dis-je, soit le plus parfait possible : c'est pourquoi, sans m'arrêter cependant à des considérations qui font partie des connaissances élémentaires de la physique, que je supposerai acquise à toute personne qui entreprendra sérieusement l'étude de la chimie, je ne craindrai pas de paraître oiseux en répétant certaines définitions auxquelles surtout le chimiste donne une couleur particulière.

En établissant en principe que la matière est inerte, qu'elle est indestructible, il faut concevoir, de toute nécessité, l'existence d'une puissance particulière qui lui ait donné ce mouvement que constitue l'ensemble de l'univers, pour avoir une explication rationnelle du maintien de l'ordre systématique de tous les phénomènes qui s'accomplissent à chaque instant sous nos yeux. C'est qu'effectivement il existe une *force* qui, exerçant son influence sur chaque particule de la matière, a réglé depuis le mouvement des astres jusqu'à la modification des êtres les plus humbles, sans laquelle nulle transformation de la matière ne peut s'accomplir, en un mot, qui préside au monde entier. Cette force, enfin, est l'ATTRACTION UNIVERSELLE, que Newton nous découvrit dans toute sa grandeur, et dont il sut le premier nous faire apprécier toute l'importance.

Cette force, en raison même du rôle essentiel qu'elle remplit dans toute la nature, se spécialise

et se modifie sous mille formes diverses, et dans une infinité de circonstances. C'est ainsi qu'en portant au centre de la terre un excès de sa puissance, elle exerce sur tous les corps qui sont à sa surface, une tendance plus ou moins considérable pour chacun d'eux à se porter dans cette direction, de manière qu'elle a fait de tous les êtres de notre globe autant de rayons divers qu'elle a limités à autant de circonférences. Il faut admettre ainsi que chaque particule de matière qui constitue la terre, et que tout ce qui est à sa surface, est attiré vers son centre par une force générale qui varie seulement selon la nature même de l'individu. Nous aurons alors une explication immédiate et satisfaisante de la raison par laquelle tous ces êtres qui sont placés autour de cette boule formée par la terre ne tombent pas les uns sur les autres, ou ne sont pas projetés dans l'espace, puisque chacun d'eux est pour ainsi dire attaché par autant de fils qui, réunis dans l'axe commun, y sont tendus par la main puissante de l'ATTRACTION. De là naît encore tout naturellement l'explication de la pesanteur de la matière, car le poids d'une

partie quelconque de ce tout ne sera exprimé pour nous que par l'effort qu'il aura fallu faire pour vaincre l'attraction qui le sollicite vers le centre de la terre. Ainsi, quand nous dirons que telle substance sous tel volume pèse *un*, *deux* ou *trois kilogrammes*, nous exprimerons seulement que l'effort qu'il aura fallu opposer à la tendance qu'éprouve cette substance à se précipiter au centre de la terre, sera égal à celui qu'il aurait fallu faire pour soulever *un*, *deux* ou *trois kilogrammes* de la surface du sol; car ces valeurs de *un*, *deux* ou *trois kilogrammes* ne sont pour nous que des termes de comparaison, une fois établis par l'usage, qui n'ont pour eux que la valeur que leur donne l'appréciation de nos forces physiques.

Ainsi, le jeu de cette puissance sur la matière inerte a créé tout ce monde infini d'êtres de mille sortes, il a produit ces myriades d'individus qui accomplissent tant de fonctions diverses, et dont les rapports sont si intimement liés les uns avec les autres, qu'il est impossible d'avoir de chacun d'eux une connaissance un peu complète sans lier l'histoire d'un seul avec celle de tous. Or, il

serait impossible dans le court espace de la vie humaine de remplir une pareille tâche, si l'observation attentive de ce phénomène de la nature en montrant la simplicité de sa méthode, et tout ce qu'il y a de général dans ses principes, n'avait porté l'esprit à établir des classifications et des définitions qui pussent soulager la mémoire.

La première distinction qui s'offre d'abord à nous est celle qui a pour but de spécifier l'existence de la matière en cet état où elle est seulement considérée dans la généralité des faits, où elle est revêtue du caractère d'activité qui la sort du néant, sans considérations de formes ni de fonctions qui lui assignent un caractère individuel : alors nous lui donnons le nom de *corps*. Mais pour assigner à ce terme toute sa valeur, bien que jusqu'ici, et dans la plupart des ouvrages de science, on ait défini sous ce nom *tout ce qui a frappé un de nos sens de quelque manière que ce soit*, j'appellerai *corps* en *général* et exclusivement *tout ce qui peut être pesé*, ou *un corps sera tout ce qui est soumis à l'action de la pesanteur*.

D'après cette définition, il suit que l'attrac-

tion exerce son influence sur tout corps de la nature qu'il soit petit ou gros, avec cette différence que l'intensité d'action diminuera dans le même rapport que le volume de la masse. Cependant, si l'on conçoit un corps possédant une forme quelconque, ayant une étendue limitée comme on le remarque pour tous, il serait difficile de ne pas admettre qu'en atténuant ce corps de plus en plus, pour le ramener aux proportions les plus exiguës que l'esprit peut concevoir, on n'atteindrait pas une limite à laquelle le corps, quoique susceptible d'être encore coupé par un plan mathématique, ne serait plus qu'un point matériel placé dans l'espace. Mais comme cette division mentale pourrait s'étendre à l'infini, et que cependant l'infini ne peut être défini ni représenté rigoureusement par un poids, tandis que nous définissons l'existence du corps par le poids qui l'accuse, il s'ensuit que l'on est forcé d'admettre dans l'existence des corps un terme à la division mécanique. C'est à ce terme alors que l'on a donné pendant long-temps le nom d'*atome*, et auquel je substituerai celui de molécule sans y attacher d'autre pensée théorique. Nous sommes

donc conduits à admettre que les corps sont formés, en vertu d'une force attractive, d'une infinité de petites parties que l'on nomme *molécules*, dont l'appréciation échappe même à nos moyens d'investigation les plus délicats, mais dont l'existence est démontrée par les plus simples expériences de la physique élémentaire, telles que par le phénomène de la dilatation, du changement d'état que les corps peuvent subir par l'action de la chaleur et par la compression, etc....

Quoique ces faits nous aient appris la cause de l'ordre et du mouvement de la matière, la science avait encore à découvrir le principe qui préside à la diversité des caractères des corps, à la constance de leur reproduction invariable avec les mêmes propriétés, sans lequel la nature serait restée dans le chaos, ou y retomberait bien vite. La nécessité de rattacher les propriétés spéciales des corps à une source originelle particulière, pour avoir raison de leur existence, fut assez impérieusement sentie, pour que dès les premières années de la science, la philosophie la plus ancienne en ait embrassé la généralité, et pour que

chaque intelligence en ait presque créé un système différent. La philosophie d'alors, plus générale et plus étendue que ne l'est la science que désigne ce nom aujourd'hui, était aussi plus riche de raisonnemens et d'aperçus généraux, mais plus pauvre d'expériences : de là cette foule d'hypothèses sur les principes de la matière, où chacun a cherché des élémens spéciaux de chaque chose, cette diversité d'opinions, qui toutes cependant tendaient au même but, en sondant les secrets de la création. Ainsi, on voit Thalès établir que l'eau est le principe de tout; que tout est produit par l'eau : végétaux, animaux, ne sont que de l'eau condensée sous des formes spéciales; puis Héraclite nous dit : tout est fixé dans le monde par des lois exactes et immuables, tous les êtres, même pendant le sommeil, sont nécessaires à l'existence réciproque des êtres qui constituent le monde; et Anaxagoras, qui semble nous prédire, de vingt-quatre siècles, la théorie générale des chimistes du jour. Il établit l'existence d'élémens indestructibles qui peuvent produire tous les corps; que par la suite de leur décomposition et de leur recomposition, ils for-

ment ces mouvemens éternels du monde, NAISSANCE et MORT ; que le nombre de ces élémens ne pouvant être ni augmenté ni diminué, la quantité de matière dont se compose l'univers restera toujours la même. Après ceux-là, Aristote et le plus grand nombre de ses successeurs, ne voyant dans toute la nature que quatre principes d'où dérivaient tous les corps, établirent pour une durée de plus de vingt siècles, que *l'air, l'eau, la terre* et *le feu*, sont les élémens de tout, qui, en différens rapports, constituent tous les êtres.

A tout ce temps d'hypothèses, enfin, succède aujourd'hui pour nous une ère de vérité, qui, plus appuyée à son tour sur les faits que sur le raisonnement, s'avance la balance à la main et nous montre que la nature, en effet, a formé tous les corps qui composent le monde à l'aide d'un nombre fort restreint d'autres corps inaltérables dans leur espèce et indestructibles de leur nature. Admirable simplicité d'action, qui en nous reportant à ce que l'homme a établi pour représenter les mille pensées qu'enfante son esprit, nous montre que, de même que nous n'em-

ployons qu'un nombre fort restreint de signes pour transmettre toutes nos idées, la nature ne met en œuvre qu'un certain nombre de corps tout aussi limité, pour créer tout ce qui existe. Là, par un simple changement de position, les mêmes lettres peuvent exprimer des sentimens tout différens : ici le choix des élémens distingue les corps dans leurs espèces, mais de plus il s'y joint cette autre cause de changement, *la quantité*, *le poids*, dont l'influence est telle dans la constitution de l'espèce que le bois n'est pas de la graisse, quoique tous deux soient formés des mêmes principes, parce qu'en lui les élémens sont unis dans des rapports différens. Mais il existe encore entre ces deux systèmes cette opposition : que l'homme, au gré de ses désirs, peut enfanter des mots dont le nombre de lettres n'est compté que par les convenances, tandis que la nature, toujours plus simple, compose les sujets, dont l'organisation est la plus parfaite et la plus délicate, avec le moins possible de matériaux. Là est marquée sa supériorité dont nous ne pouvons être que les faibles imitateurs.

Plus avancée, dirai-je, et plus sûre d'elle, la

science d'aujourd'hui a rayé les élémens des anciens philosophes, et non-seulement nous a donné la preuve qu'ils n'étaient point des principes uniques dans leurs propriétés intimes, mais encore qu'ils étaient de ceux qu'elle nous a appris à défaire et à reconstruire selon notre volonté. Quoi de plus simple pour le chimiste à présent, que de démembrer de l'eau et d'en refaire, que de reconstruire une atmosphère comme celle dans laquelle il vit, ou d'en préparer une autre à sa guise ! Elle nous montre aussi que loin d'être arrêté à telle ou telle époque, le nombre de ces corps élémentaires peut s'accroître ou diminuer chaque jour en raison du progrès. C'est ainsi qu'aujourd'hui la CHIMIE est parvenue à compter cinquante-cinq corps élémentaires que désormais nous retrouverons les uns ou les autres disséminés dans tout l'univers et spécialisés dans chaque corps. Quoique l'esprit accepte et conçoive sans la moindre difficulté l'existence de ces êtres élémentaires, il est cependant nécessaire de leur donner ce caractère précis qui les mette avec la même exactitude que le reste, au rang des vérités scientifiques. La définition, du reste, en est

facile, et découle naturellement de celle que j'ai donnée déjà, des corps en général; car tout principe, tout élément pris aussi généralement que possible, est une chose unique dans sa nature, qui forme un tout homogène, qui n'a d'autres composans que lui-même, et qui, par l'addition d'autres élémens devient partie constituante des composés que par conséquent il forme. Aussi entend-on, en chimie, par le nom de *corps élémentaire* ou de *corps simple, un corps* formé seulement de *molécules* de même nature, jouissant des mêmes propriétés, en un mot *homogènes*, dont on ne peut distraire d'autre matière que la sienne propre. Or, puisque nous avons dit qu'un *corps est tout ce qui pèse*, nous pourrons dire, avec la même vérité, qu'un *corps simple* est toute substance de laquelle par une élaboration quelconque, on ne pourra distraire une autre espèce de matière, ou qui par le contact des autres corps, dans une action de quelque nature qu'elle soit, ne pourra qu'augmenter *de poids* et jamais *diminuer*, bien entendu, abstraction faite de toute perte accidentelle de matière. Cette définition admise et considérant tous les autres corps

de la nature comme formés par ces élémens, il suit par un raisonnement analogue qui dérive de celui-ci, qu'un *corps composé* sera formé par les *molécules* diverses des élémens qui le constitueront et qui seront par conséquent encore de natures différentes; ou bien un corps *composé* sera celui que l'on pourra séparer en plusieurs parties constituantes, et qui pourra de cette manière *diminuer de son poids primitif*. Ainsi, le FER, le CUIVRE, l'ARGENT, le SOUFRE, sont appelés des *corps simples*, parce que jusqu'ici on n'a pu retirer de leur masse que du FER, du CUIVRE, de l'ARGENT et du SOUFRE, et que toutes leurs molécules sont de la même espèce pour chacun d'eux; tandis que si l'on prend de l'EAU, du MARBRE, du BRONZE, etc., on en peut séparer par l'action d'agens spéciaux, diverses espèces de matières qui sont leurs *élémens;* car l'eau, ai-je dit déjà, peut être facilement partagée en deux corps simples, l'un que l'on nomme *oxygène*, et l'autre *hydrogène*. Il en est de même pour le marbre et le bronze : ces substances seront donc des *corps composés*.

Les molécules qui les constituent sont, comme

on le voit, de natures diverses. C'est en raison de cette différence dans l'espèce, que l'on a donné aux molécules des noms particuliers pour les distinguer facilement : ainsi on appelle *molécules intégrantes* toutes celles qui sont de même espèce, c'est-à-dire qui constituent les *corps simples*, tandis que l'on désigne sous le nom de *molécules constituantes* toutes celles qui concourent à la formation des *corps composés*.

Jusqu'ici le nombre des corps élémentaires n'a fait que s'accroître, et tel qu'il est dans l'état actuel de la science, il s'élève au chiffre de *cinquante-cinq*, dont voici les noms :

1 Aluminium.
2 Antimoine.
3 Argent.
4 Arsenic.
5 Azote.
6 Barium.
7 Brôme.
8 Bismuth.
9 Bore.
10 Cadmium.
11 Calcium.
12 Carbone.
13 Cérium.
14 Chlore.
15 Chrôme.
16 Cobalt.
17 Colombium ou Tantale.
18 Cuivre.
19 Etain.
20 Fer.
21 Fluor ou Phtore.
22 Glucynium ou Beryllium.
23 Hydrogène.
24 Iode.
25 Iridium.
26 Lanthane.
27 Lithium.
28 Magnésium.
29 Manganèse.
30 Mercure.

31 Molybdène.
32 Nickel.
33 Or.
34 Osmium.
35 Oxygène.
36 Palladium.
37 Phosphore.
38 Platine.
39 Plomb.
40 Potassium (Kalium).
41 Rhodium.
42 Sélénium.
43 Silicium.
44 Sodium (Natrium).
45 Soufre (Sulfurum).
46 Strontium.
47 Tellure.
48 Thorinium.
49 Titane.
50 Tungstène (Wolframe).
51 Uranium.
52 Vanadium.
53 Yttrium.
54 Zinc.
55 Zirconium.

Rien donc n'est plus rationnel, n'est plus facile à concevoir que ce partage de tous les êtres, en matériaux premiers, et en autant de produits résultant de leur union que nous représente le nombre infini d'espèces de corps. Mais comme tout est réglé dans la nature et qu'en principe nous éloignons l'arbitraire de tout acte qui en émane, nécessairement dans l'assemblage des molécules il doit y avoir une symétrie qui règle la place de chacune d'elles, afin que le même corps s'offre toujours à nous avec les mêmes propriétés et les mêmes caractères. Il faut entre elles un lien proportionné à la nature de chaque être qui les tienne assemblées et réunies avec cette énergie que nous présente la stabilité particulière aux diverses

espèces de corps. C'est qu'en effet, chaque corps, non-seulement obéit de toute sa masse à l'attraction universelle qui l'emporte dans le mouvement et les rapports généraux du monde, mais encore ses *molécules* sont soumises à une action toute spéciale, dont la nature, inconnue jusqu'ici, ne nous permet que des hypothèses, mais dont l'existence se décèle à nos yeux par tous ses effets. Ainsi, lorsque nous admettons que tous les corps sont formés par l'agrégation d'une multitude de *molécules*, et que les corps élémentaires en particulier possèdent seulement des molécules similaires, comment pourrions-nous concevoir le mouvement dont chacune d'elles doit être douée pour être susceptible d'occuper telle ou telle place dans l'organisation des individus, lorsqu'ils revêtent tant de formes variées? Comment se faire une idée encore des différences de dureté, de stabilité dans l'équilibre même des corps simples, si les molécules de tous, quels qu'ils soient, ne sont soumises à une force dont l'influence en règle le mouvement et assure l'identité de fonctions dans des circonstances semblables?

C'est alors que, vaincue par la vérité des faits

et par la faiblesse des moyens d'observation, il a fallu que la science créât un mot qui peignît à l'esprit la cause de l'action qu'elle ne peut saisir, et que l'on admît que toutes les molécules des corps sont soumises à une force particulière qui les coordonne et les attire dans une situation spéciale pour tout corps en particulier, avec une intensité qui varie aussi pour chacun d'eux. A cette nouvelle force, on a donné le nom de COHÉSION. C'est un moyen, comme on le voit, de définir un fait précis et mathématique par un mot insignifiant en lui-même, sans chercher à remonter à la source. Ne pourrait-on pas établir plus rationnellement, qu'il existe une puissance d'action générale répandue dans toute la nature, et que nous avons désignée sous le nom d'*attraction universelle*, que cette force se spécialise sur la molécule de chaque être, selon sa forme, peut être sa grosseur et sa nature? Dès-lors l'attraction générale nous étant connue, et les phénomènes qu'elle présente par l'action de la forme et de la masse des corps étant soumis aux calculs et aux observations rigoureuses de la mécanique, la force *de cohésion* rentre dans la même catégorie, et est soumise aux

mêmes lois. De cette manière encore l'observateur serait guidé dans ses recherches par une analogie qui peut-être ne le tromperait pas, et l'on pourrait espérer d'atteindre ainsi aux lois de la statique chimique, sans lesquelles il n'y aura jamais que vague et hypothèses. Quoi qu'il en soit, il faut toujours admettre que chaque corps particulier présente entre ses molécules un centre d'attraction dont les résultats, donnés par la forme, l'espèce, et sans doute le volume, établissent entre tous les corps la consistance, la stabilité et la variété de forme ; qu'à l'ensemble de ces *résultantes* on donne le nom de *cohésion*. Il est donc bien entendu, d'après cela, que tout corps ne peut posséder toutes les propriétés de consistance, de stabilité et de forme, qu'en vertu de cette force d'attraction ainsi modifiée. Dès-lors, s'il m'est permis d'exprimer mon opinion personnelle, je dirai que la *cohésion* n'est pas une force *spécialisée seulement* aux *molécules des corps élémentaires*, ainsi que l'on a coutume de l'envisager, mais *que* c'est *elle* qui *unit* les *molécules* de *tous* les *corps*, *qu'ils soient simples* ou *composés*, tant *qu'ils sont* en *dehors de toute in-*

fluence qui *tente d'en opérer l'union* ou *d'en changer la composition.* Des expériences récentes, dues à M. Hankel, viennent à l'appui de mon raisonnement, avec tant d'autres, en démontrant l'influence d'une force particulière par la dépendance dans laquelle se trouve la forme, nonobstant les élémens : ainsi il a vu que le fer à l'état métallique (qui est un corps simple), cristallise dans des formes du même système que le corps connu sous le nom d'acide *arsénieux* (composé de deux élémens nommés arsenic et oxygène, etc.) Il faut donc que, par une cause quelconque, la force qui unit les molécules de deux corps aussi dissemblables de propriétés, agisse dans le même sens, pour que leurs molécules soient accolées de la même manière.

Après avoir ainsi fixé l'existence de la force de cohésion, comme pouvant seule maintenir par sa puissance l'équilibre, qui donne aux corps en général leurs divers caractères, nous n'avons envisagé la question que par un seul de ses côtés ; car si nous concevons que des molécules, une fois mises en place comme les pierres d'un édifice, peuvent rester dans la situation qui

leur est donnée par la cohésion, jusqu'à ce qu'une cause plus puissante les déplace, nous avons l'explication de la permanence des corps en général, simples ou composés, mais voilà tout.

Rien, en effet, ne nous explique jusqu'ici pourquoi, lorsque deux corps sont mis en présence, chacun possédant entre ses molécules la *cohésion* qui lui est propre, ils peuvent être attirés l'un vers l'autre, et de telle manière que leurs molécules s'entrelacent avec assez d'énergie pour ne plus former qu'un seul corps dont les élémens sont les parties constituantes. Il faut évidemment ici qu'une cause étrangère intervienne, pour pouvoir anéantir de la sorte la force de cohésion qui retenait les molécules de chaque corps groupées les unes près des autres. Or, il existe un vieil adage, érigé avec juste raison en principe, et qui dit : *Corpora non agunt nisi soluta*, ce que l'on peut traduire aujourd'hui, non-seulement avec ce sens, que les corps n'agissent entre eux qu'autant qu'ils sont dissous, mais qu'ils n'exercent d'action les uns sur les autres qu'autant que leurs molécules sont dans un état d'écartement tel, que la force de cohésion qui tente à les réunir

soit balancée par une autre qui les écarte par un effort, sinon plus grand, au moins égal ; car nous verrons plus loin que la dissolution n'est qu'une force qui ne fait que diviser moléculairement les corps en balançant ainsi la force de *cohésion* : dès-lors, que ce soit par l'action de la dissolution, ou par celle d'un autre agent, n'importe de quelque nature qu'il soit, que les molécules des corps soient écartées, le résultat sera toujours le même. Une fois la cohésion vaincue, l'union des deux ou plusieurs corps pourra avoir lieu, et cette union deviendra permanente dès que l'on aura soustrait ces corps à l'influence de la force qui aura écarté leurs molécules pour les disposer à agir les uns sur les autres. Ou bien l'on peut admettre que si cette influence est limitée jusqu'à certain point, les molécules des corps, au moment de leur réunion, remplissant réciproquement les unes par les autres les espaces libres laissés entre chacune d'elles par l'action de l'agent qui les écarte, et une fois ainsi diminuées, la *cohésion*, qui ne s'exerce qu'à de faibles distances, ou même au contact apparent, reprendra tout son empire, et le nouveau corps acquerra de la stabilité. C'est ainsi qu'en mettant

du soufre et du cuivre, même très divisés et secs, en contact à la température ordinaire, ils n'exercent aucune action l'un sur l'autre ; tandis que, si on les expose à l'action de la chaleur, immédiatement ils s'unissent, et donnent un composé très stable par le refroidissement. De même, si, à une certaine température, on chauffe du mercure (corps simple liquide) avec de l'oxygène (corps simple aussi, et gazeux), ils formeront à ce degré un composé d'une assez grande stabilité, mais qu'une température plus élevée décomposerait immédiatement.

Ainsi la cohésion peut être modifiée par des actions spéciales, qui en atténuant son énergie et même en la détruisant, laissent aux *molécules* assez de liberté pour qu'elles puissent se mouvoir dans tous les sens ; les met dans cet état d'isolement où elles n'obéissent plus qu'à l'attraction générale. C'est alors qu'en présentant deux corps l'un à l'autre avec cette prédisposition, leurs molécules s'entrelacent, comblent l'espace qui existe entre elles, en expulsent l'agent qui les tient isolées, et par ce rapprochement elles ramènent les conditions qui les mettent dans la

sphère d'activité de la *cohésion*. A ce moment il y a union, et un nouveau corps apparaît; mais tout nouveau qu'il est, il possède les caractères de l'influence d'une *cohésion*, qui en détermine même l'aspect et les diverses conditions, en en faisant un corps particulier. Il y a donc des causes qui limitent l'action de la cohésion, qui en changent la manière d'agir, tellement même qu'elle semble avoir disparu pour faire place à une force toute nouvelle, créée par les circonstances elles-mêmes. C'est ainsi que l'on broierait en vain, pendant des années, du soufre et du plomb, ils resteraient indifférens, et que l'on pourrait toujours après comme avant, par des moyens mécaniques, séparer le cuivre du plomb et *vice versa*, la cohésion existante s'opposant dans chaque corps à toute union possible; tandis que si l'on fait intervenir la présence d'un agent tel que la *chaleur*, bientôt les molécules s'écartent, le corps est dilaté, la cohésion vaincue, et ces deux élémens convenablement prédisposés s'unissent sans difficulté en manifestant au contraire leur action réciproque par une élévation de température des plus considérables.

Il y a donc entre les corps, lorsqu'ils sont placés dans des circonstances convenables, une prédisposition qui tend sans cesse à les réunir avec une énergie qui varie selon leur nature. Mais cette tendance qui fit dire à l'*ancienne philosophie* ce mot charmant: *que tout est sensible dans la nature*, *que tout aime*, n'a cependant d'existence que l'instant seul pendant lequel l'union s'opère, pour faire place immédiatement à la force de cohésion qui constitue la forme, la dureté, etc., du nouveau corps. Ainsi du soufre et du plomb quoique très divisés et intimement mélangés restent indifférens à la température ordinaire de notre atmosphère; mais vient-on à les chauffer, de suite ils s'unissent: c'est qu'alors la cohésion qui retenait leurs molécules resserrées n'en permettait point l'entrelacement : mais à peine la chaleur les a-t-elle suffisamment écartées, que cette *cohésion* est vaincue, atténuée, qu'aussitôt les molécules s'unissent et le nouveau corps apparaît. Mais il a fallu nécessairement qu'une force vienne réunir et consolider ce nouvel assemblage : c'est alors que la *cohésion* reprenant son énergie par le rapprochement des molécules

résultant de l'action elle-même, constitue tout le nouvel être. Cependant il faut bien admettre qu'à l'instant même de l'union la cohésion était effacée par une attraction spéciale qui portait les corps à s'unir, mais dont l'action a cessé immédiatement après le contact. C'est alors à cette propriété attractive, qui donne aux corps une sorte d'élection, qui semble leur en faire préférer certains plutôt que d'autres, que l'on a donné le nom d'*affinité*, mot qui depuis a même acquis, dans le langage ordinaire une signification tout analogue. L'affinité n'est donc ici que le nom qui peint l'instant d'une action et non la force déterminante.

Peut-être ai-je exposé trop longuement mes propres idées sur ces deux forces, dont l'existence admise sans conteste, depuis même des siècles, aurait demandé, pour être discutée dans la forme seule, sans doute, une plus grande autorité que la mienne; mais plus le mal est grand, plus il faut d'efforts pour le vaincre, et il n'est si faibles observations réunies qui n'aient quelque valeur.

J'ai envisagé, du reste, cette question, sous ce point de vue, avec d'autant plus de confiance que

M. Dumas, dans ses belles leçons sur la philosophie chimique, s'exprime en ces termes (1) : « Bref, et pour résumer, *une seule attraction moléculaire pourrait bien suffire pour expliquer les variations* que l'on *observe dans les faits*, puisqu'elle s'exercerait sur des particules tantôt identiques, tantôt analogues, tantôt dissemblables. Si la forme des particules doit être prise en considération, leur action réciproque devrait varier dans le même sens que la dissemblance des particules, et c'est aussi ce qui a lieu. »

Toutefois, en résumant en peu de mots tout ce qui précède, on peut établir :

1° Que la cohésion est une modification de l'attraction universelle, produite par la forme, la distance et la masse sans doute des molécules ; que cette force existe aussi bien dans les corps simples que composés ; que c'est elle seule qui préside à la forme, à la stabilité et à la dureté de tous les corps.

2° Que l'*affinité* n'est, au contraire, que le point auquel la cohésion, modifiée sous l'influence d'un

(1) *Leçons sur la philosophie chimique*, page 391.

agent quelconque, place les molécules dans la situation convenable pour s'unir entre elles.

3° Que son action est limitée justement à l'instant seul de l'union des corps, et qu'aussitôt ce moment passé la cohésion reprend sa puissance sur le nouvel être.

Quoi qu'il en soit, et en n'accordant au terme d'*affinité* que le sens rigoureux que l'on doit lui donner, l'expérience a fixé cependant les circonstances dans lesquelles cette modification de l'attraction s'exerce le mieux, et où elle peut être portée au plus haut point. Voici les faits tels qu'ils sont admis par les chimistes :

1° L'*affinité*, en raison même des différences que présente la constitution des corps, ne peut être égale dans chacun d'eux; elle est toujours plus forte pour l'une que pour l'autre.

Ainsi le fer peut avoir plus d'affinité pour le soufre que n'en a le mercure, et par conséquent, peut déplacer ce dernier de son union avec le soufre, ou, en d'autres termes, la *cohésion* du composé de fer et de soufre étant plus considérable que celle qui existe entre le mercure et le soufre, aussitôt qu'elle pourra s'exercer librement envers chacun

de ces élémens, la réaction aura lieu, et la décomposition s'opérera. Aussi, le corps nouveau qui a pris naissance offre-t-il une cohésion plus grande que celle qui existait chez celui qui a été détruit:

2° Il ne peut y avoir d'affinité entre deux corps sans que la *cohésion* de l'un, si ce n'est des deux à-la-fois, ne soit très faible ou de nul effet.

3° La *cohésion* des corps peut être combattue et même vaincue par les quatre forces particulières suivantes :

La chaleur (1),

La lumière,

L'électricité,

Et la dissolution.

Ces forces peuvent agir toutes les quatre dans le même sens, et prédisposer les molécules, en les écartant, à contracter une union entre elles.

4° L'*affinité* peut être modifiée encore par la cohésion particulière des composés dans lesquels les corps agissant peuvent être engagés.

Comme exemple propre à justifier ces trois dernières particularités, je m'appuierai encore sur l'in-

(1) Voy. chapitre deuxième.

différence que le soufre et le cuivre ont l'un pour l'autre, mis en contact aussi intime que possible sous les conditions ordinaires de la température atmosphérique ; ainsi, on mélangerait en vain du soufre et du cuivre réduits en poudre impalpable et secs, qu'ils ne s'uniraient pas, quel que soit le temps pendant lequel ils resteraient mélangés ; mais à peine les chauffe-t-on, qu'immédiatement ils se lient, tellement qu'il en résulte un corps tout nouveau.

De même, on trouvera plus loin, érigé en principe, que les corps désignés sous le nom d'acides lorsqu'ils sont *liquides* ou *dilués*, ont beaucoup d'affinité pour une autre classe de corps nommés *oxydes*. Ce fait pourrait paraître tout d'abord contrarier tout ce qui précède sur l'*affinité*, mais que l'on songe à la valeur des termes *liquides* et *dilués*, qui dénotent de suite un écartement des molécules chez ces corps, et assez considérable pour que leur *cohésion* soit à-peu-près nulle, dès-lors tout rentre dans la définition que j'ai donnée ; et dans ce cas comme dans tous, l'affinité n'est encore que le résultat de l'atténuation de cette force au moment où celle-ci, effacée

par l'action d'un *agent particulier*, soit *chaleur* ou *dissolution*, reprend tout-à-coup son empire une fois que d'autres conditions viennent rompre cet équilibre.

5° Il est admis, quoique cette règle souffre de nombreuses exceptions, que la masse différente des corps qui réagissent peut quelquefois suppléer à l'*affinité* trop faible pour combattre la *cohésion* trop forte. On comprend facilement qu'en réunissant de petites forces, on puisse en créer une plus grande, il n'est besoin d'aucune démonstration pour le justifier. Ainsi donc la *quantité relative des corps entre lesquels l'union doit avoir lieu modifie l'intensité de l'action et l'action en elle-même.*

6° La pesanteur spécifique des corps peut encore faire varier l'affinité, même en vertu de tout ce qui précède; car, la densité d'un corps étant l'expression de la *pesanteur* de ce corps ou de sa masse moléculaire sous un volume déterminé, il s'ensuit que plus il y aura de rapprochement entre les molécules des corps isolés, plus l'union sera difficile et *vice versa*, car si elles sont trop écartées et qu'elles échappent, par l'espèce de

ressort qui existe entre elles (comme dans l'union d'un corps solide et d'un corps gazeux ou aériforme), à tout contact assez intime, ou seulement dans la limite où la cohésion peut reprendre son influence, évidemment aucune union ne peut avoir lieu. Il en serait de même si deux corps solides étaient chauffés, et que l'un se liquéfiât avant l'autre. La pesanteur spécifique étant différente, il est encore évident que si aucune cause étrangère ne vient troubler cette séparation naturelle, le plus lourd tombera au fond du vase, tandis que le plus léger le surnagera ; il en sera encore ainsi, lorsque, au sein d'un composé d'abord homogène et solide, il peut se faire des corps différens par le changement spontané des proportions dans lesquels les élémens étaient d'abord unis, le nouveau corps, selon sa pesanteur spécifique, gagnera le fond du vase ou surnagera la masse.

7° Enfin, la pression plus ou moins grande à laquelle sont soumis les corps, et en particulier ceux qui sont gazeux, influe nécessairement sur leur affinité.

Tel est le résumé des principales modifications que peut recevoir l'attraction qui préside au main-

tien et à la formation des corps. Je n'ai point eu ici la prétention d'anéantir l'existence de l'affinité comme force particulière; je n'ai cherché qu'à rattacher l'action elle-même à un principe général, jusqu'à ce qu'il soit démontré, si jamais cela est possible, que l'affinité est une force spéciale, et que ce n'est point un mot vide de sens et isolé de toute démonstration, derrière lequel les théories les plus hasardées peuvent se retrancher : je citerai encore à l'appui le passage d'un ouvrage tout nouveau, sur lequel l'auteur paraît avoir mûrement réfléchi (1).

« Les réactions qui apparaissent dans les réactions chimiques, et qui appartiennent à des forces connues, telles que la caloricité, l'électricité, la lumière, sembleraient démontrer que ce sont ces mêmes forces qui les déterminent, plutôt qu'une force étrangère qui ne serait caractérisée par rien de particulier, par rien qui lui fût propre. »

L'affinité a donc dû jouer différens rôles : depuis l'époque à laquelle elle a été admise jusqu'à celle-ci; la marche progressive de la science

(1) Voyez Baudrimont, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 214.

en fit d'abord la tendance *élective* que possèdent les corps qui s'unissent; puis, peu-à-peu, et après bien des modifications, elle devint, dans des temps plus rapprochés de nous et jusqu'à présent, une force particulière, mais dont l'existence, ne pouvant être démontrée, la fait rentrer dans la puissance générale qui régit l'univers, et dont les résultats au moins peuvent être constatés par des lois rigoureuses. Espérons donc que sur ce terrain l'affinité, la cohésion, en un mot, l'attraction moléculaire, pourront, comme la gravitation universelle, devenir l'objet de calculs rigoureux, et ne prêteront plus leur appui aux théories trop avancées.

CHAPITRE DEUXIÈME.

Des agens qui modifient l'attraction moléculaire cohésion et affinité; du calorique, de la lumière, de l'électricité et de la dissolution. — Divers états des corps soumis à leur action.

Sous l'influence de l'attraction, considérée dans la généralité de sa puissance sur la nature, ou dans ses modifications comme *cohésion*, la matière, une fois soumise à l'impulsion créatrice, serait restée éternellement dans cette situation première, si des causes étrangères n'avaient pu, selon des lois positives, toutefois, les faire changer. Sans cela, le monde serait privé de cette relation d'être à être, qui, par les modifications que chaque corps subit, constitue l'ensemble du mouvement qui en fait la vie. C'est ainsi que, sans une force particulière intervenant en sens contraire de l'attraction, l'eau, une fois amenée par les forces attractives à l'état solide ou de glace,

y resterait toujours, ou du moins tant que durerait l'exercice de ces forces. Dès-lors on peut prévoir ce qui arriverait si cette glace, sans l'action de la chaleur, considérée comme agent étranger, ne pouvait être transformée en eau, et plus tard en vapeur! Sans cela, point de vie animale, point de végétation, plus de ces merveilles de l'industrie: tout à l'instant serait anéanti! Cependant ce n'est qu'un peu de cette chaleur, dont les effets se prêtent si bien à notre volonté, qui, dans cette circonstance, donne la vie là où il n'y aurait que mort et inaction.

Il est donc nécessaire, pour que l'équilibre établi par les forces attractives générales de la nature puisse être modifié, mais toujours avec l'ordre et la régularité parfaite que demande l'univers, que tous les corps subissent l'influence d'agens spéciaux aussi immuables dans leur manière d'agir que la matière elle-même, et dont l'action puisse être modifiée aussi régulièrement pour pouvoir obéir aux besoins de chaque être.

En cela, comme partout, il y a une sagesse admirable. Tout dans la nature est soumis à l'influence d'agens spéciaux destinés à provoquer

le changement d'état et la nature des corps, par cette prédisposition que nous appelons *affinité*. Aujourd'hui ces agens sont comptés au nombre de quatre, que j'ai déjà signalés, savoir :

La chaleur,
La lumière,
L'électricité,
La dissolution.

Sans vouloir entrer en quoi que ce soit dans des détails qui sont plutôt du domaine de la physique, il faut cependant apprécier à sa juste valeur la puissance de chacune de ces forces.

De la chaleur.

Jusqu'ici la chaleur fut considérée comme un *corps ;* mais, par ce qui précède, il devient évident que cette acception est fausse, au moins pour nous, puisque nous avons appelé *corps* tout ce qui est matériel, et par conséquent soumis à la pesanteur. La chaleur ne sera dès-lors, qu'une force que nous accepterons comme condition primordiale, sans chercher à remonter à sa source ni à ses causes. Cette force est répandue sur notre globe d'une manière sensible, relative à des époques déterminées, et à ses diverses parties, par le soleil, qui nous l'envoie directement; elle existe en outre dans tous les corps de la nature, soit à l'état latent ou non appréciable aux moyens directs qui peuvent servir à la faire reconnaître, ou qui est développée et rendue sensible sous certaines influences, au contraire facilement appréciées. Car, qui ne sait qu'un corps n'est chaud que relativement à un

autre qui l'est moins, et que conséquemment, par la pensée, on peut toujours supposer un corps plus froid que celui que l'on observe : cette limite n'est tracée pour nous que par nos moyens d'observation. Qui ne sait encore que lorsqu'on frappe un morceau de plomb, la température peut s'élever même jusqu'au point de le fondre, et que les sauvages se procurent du feu en frottant l'un contre l'autre deux morceaux de bois dur. Il n'est aucun de nous qui, enfant, ne se soit amusé à frotter un clou ou un bouton sur un corps dur comme du bois ou de la pierre, pour les échauffer. Le choc, le mouvement, tout ce qui, en un mot, peut troubler l'équilibre des corps, peut développer la chaleur contenue naturellement entre toutes leurs molécules. Cette force existe donc chez tous les êtres ; mais comme elle est inactive, par l'état d'équilibre des corps, il faut, pour qu'elle puisse combattre les forces attractives, qu'elle soit mise en mouvement par les causes que je viens d'énumérer, ou qu'elle soit directement envoyée par un foyer particulier : c'est surtout de l'application par ce dernier moyen dont nous devons nous occuper.

Dès les temps les plus reculés de la chimie, la chaleur fut considérée comme l'agent spécial des transformations et des décompositions ; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur quelque description des travaux des alchimistes, de ces hommes qui vouaient leur vie entière quelquefois à l'accomplissement d'une seule expérience : tous, sans exception, cherchent la *transmutation* des corps, des métaux en particulier, en les exposant à une température souvent fort élevée, et soutenue pendant des années consécutivement ; aussi les voit-on, tantôt *estropiés*, *brûlés*, par des explosions sans autre résultat ; ou perdre leur temps et leur matière par les modifications que lui faisait subir la chaleur, aidée le plus souvent du contact de l'air.

Plus tard, entre les mains de chimistes plus habiles, la chaleur fut encore considérée comme un agent d'analyses rigoureuses, surtout pour les substances organiques, et l'on vit soumettre toutes les substances, même les plus délicates, à l'action de la *distillation*. Mais cette opération ne pouvait pas donner une idée exacte de la décomposition des corps qui lui étaient soumis, car on

voyait le *chou* et la *ciguë* donner les mêmes produits quoique si différens de caractères. De ces faits, il faut inférer, toutefois, que la chaleur est une force puissante, dont l'action progressive influe tellement sur les corps, surtout composés, que, selon le degré auquel on l'applique, elle donne des produits dont l'essence varie en changeant la composition des corps qu'elle tente toujours de rendre de plus en plus simples. La raison en est, que la chaleur, comme l'électricité, comme la lumière, comme la dissolution, et comme enfin toutes ces conditions réunies, c'est-à-dire comme la VIE, exerce son action sur les molécules des corps, sans s'occuper de leur arrangement, les isole ou les associe selon de nouvelles lois.

La chaleur modifie donc l'attraction moléculaire, et, en établissant ainsi de nouveaux rapports, change brusquement la constitution des corps, de telle sorte que l'on ne peut avoir de produits exactement déterminés par ce moyen qu'à l'aide d'une observation des plus rigoureuses. Cependant cet agent si puissant nous offre des actions encore assez tranchées pour que nous puissions y recourir avec certitude, et les mettre à profit

dans l'étude de la *chimie;* outre l'influence directe qu'elle exerce sur tout être, selon sa nature propre.

La production et la propagation de la chaleur sont, en effet, soumises à des lois exactes qu'il faut énumérer ici seulement en ce qu'elles ont de général. Je le répète, sans m'arrêter aux hypothèses plus ou moins probables, formées pour donner l'explication des causes productives de la chaleur, que j'appellerai naturelle, pour la distinguer de celle que nous pourrons dégager par tant de moyens, il est nécessaire ici de connaître par quelles lois et par quels moyens tel corps échauffé peut transmettre sa chaleur à tel autre plus froid. *La chaleur, en général, se propage d'un corps à un autre par voie de rayons qui traversent l'espace, ou par une transmission directe produite par le contact des corps.*

Lorsqu'un corps émet de la chaleur par rayonnement, cette propagation est soumise à des lois et à des conditions analogues à celles que subit la transmission de la lumière, c'est-à-dire aux mêmes lois de réflexion, de réfraction et de polarisation. Cependant cette radiation éprouve

quelques modifications importantes qu'il est nécessaire de mentionner d'une manière positive. La transmission de la chaleur peut être facilement observée à l'aide de deux miroirs hémisphériques, disposés en face l'un de l'autre, de telle manière qu'un corps chaud placé au milieu de l'un d'eux envoie par réflexion à la surface du second tous les rayons qui émanent de sa surface, et dont on apprécie dans l'air ou dans le vide la présence et l'intensité, à l'aide du thermomètre nommé thermoscope. Cependant cette radiation présente des particularités très remarquables que signalèrent Mariotte le premier, et Schèele ensuite. Ils trouvèrent que les corps chauds, mais qui ne le sont pas assez pour être lumineux, dégagent une chaleur dont les rayons sont interceptés par les verres et les autres corps transparens, dont elle élève alors la température, tandis que la chaleur d'un corps lumineux, telle que celle du soleil, traverse ces mêmes corps, sans que leur température en soit nullement changée.

Quoique ces différences puissent conduire à penser que la chaleur dans ces deux cas pouvait éprouver une modification qui la fît presque con-

sidérer comme de deux espèces particulières, des expériences de de La Roche cependant portent à conclure que la chaleur terrestre, ou celle des corps chauds, mais non lumineux et la chaleur solaire, ne diffèrent entre elles que sous le rapport de l'intensité, et que la chaleur rayonnante, en traversant une lame diaphane, est modifiée de manière à pouvoir être transmise, plus ou moins bien par une autre substance diaphane déterminée. Ces particularités ont été examinées par M. Prévost de Genève, qui en a donné l'explication basée sur la théorie suivante : « Tous les corps rayonnent sans cesse de la chaleur dans tous les sens, et absorbent aussi celle qu'émettent d'autres corps, jusqu'à ce qu'il y ait égalité de température entre eux. » Un peu plus loin cette théorie trouvera son application, et sera justifiée par l'expérience. Mais depuis, M. Melloni fit de nombreuses expériences sur le pouvoir absorbant de certaines substances, et remarqua, entre autres, que la chaleur rayonnante d'une lampe dite *Locatelli* n'était pas transmise également par tous les milieux transparens, ainsi que la quantité de chaleur rayonnante qui passe à travers des lames d'alun, de sel

gemme ou de cristal de roche, toutes d'une épaisseur commune, de 3 à 4 millimètres, n'est pas la même; qu'en substituant à ce corps une plaque de quartz enfumé, d'une épaisseur beaucoup plus grande, elle transmettait néanmoins une bien plus forte quantité de chaleur rayonnante. De là on infère que, quoique transparens, les corps peuvent, selon leur couleur et leur nature, transmettre des quantités variables de chaleur rayonnante. Car, en substituant à la chaleur de la lampe celle du platine incandescent, M. Melloni trouva que la plaque d'alun ne laissait passer aucun des rayons calorifiques; que celle de cristal de roche n'en transmettait qu'une certaine partie, et celle de sel gemme qu'une quantité double de la précédente. C'est alors que, pour distinguer ces corps les uns des autres, M. Melloni a appelé *diathermanes* les corps qui laissent passer la chaleur rayonnante, et *athermanes* les corps privés de cette propriété.

De plus, en variant même le poli, l'épaisseur et la nature des plaques, M. Melloni a été conduit à des principes généraux qui me semblent devoir trouver succinctement leur place ici, car ces

résultats, fort importans pour l'étude, quoique ayant plus de rapports avec les propriétés physiques des corps qu'avec leur caractère chimique, sont trop peu connus, et encore trop rarement répandus dans les ouvrages.

Ces résultats sont :

1° Plus le poli des plaques est parfait, plus, toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de chaleur transmise est considérable.

2° La quantité de chaleur qui traverse les plaques de même épaisseur, et de nature différente, varie en raison même de ces différences.

3° La quantité de chaleur qui traverse une plaque diminue à mesure que son épaisseur augmente, à l'exception cependant du sel gemme.

4° Lorsque deux lames sont superposées, l'effet est moindre que celui produit dans une seule lame dont l'épaisseur serait égale à celle des deux autres superposées.

5° Dans l'emploi de plusieurs lames de même nature ou de nature différente, l'effet produit est indépendant de l'ordre de superposition.

6° Quand on fait tomber sur une même plaque

un faisceau d'égale intensité, mais provenant de sources différentes, les quantités de chaleur transmises sont d'autant plus faibles que la température propre de chaque source est plus faible ; la différence est d'autant moindre que les lames sont plus minces.

7° La chaleur rayonnante qui a traversé une plaque *diathermane* est plus ou moins susceptible d'être transmise par d'autres substances.

8° Lorsque la chaleur rayonnante traverse une semblable plaque, elle subit à ces deux surfaces des réflexions qui lui font perdre les 0,077 de son intensité primitive.

9° Enfin, la quantité de la chaleur transmise résulte de la somme totale des rayons qui émergent après avoir éprouvé deux, quatre, six, etc., réflexions ; mais les rayons qui sortent après quatre, six réflexions, ont une intensité si faible, qu'on peut les négliger, bien que leur nombre soit pour ainsi dire indéfini. Par ces mêmes expériences M. Melloni trouve que la chaleur rayonnante qui émane d'une source quelconque, est formée de diverses espèces de rayons, en proportions

variables, que certaines substances laissent passer, tandis que d'autres les arrêtent.

La chaleur, ainsi qu'il est dit plus haut, a donc, outre ces caractères, celui d'être réfléchie par les corps, de même que la lumière : il fallait alors rechercher si le pouvoir réfléchissant des corps était le même pour tous ; l'expérience a démontré :

1° Que le pouvoir réflecteur est d'autant plus grand que la surface du corps est mieux polie.

2° Que la nature du corps exerce une grande influence sur ce pouvoir.

3° Que l'intensité du rayon réfléchi varie avec l'inclinaison ; qu'elle augmente à mesure que le rayon incident se rapproche de la surface.

4° Qu'enfin le pouvoir réflecteur varie avec la source de la chaleur pour tous les corps, excepté les corps métalliques (*voyez ce mot*), chez lesquels cette puissance est plus considérable.

Il suit, de ces diverses propriétés, deux autres puissances que nécessairement les corps doivent posséder : c'est le pouvoir *émissif*, et le pouvoir *absorbant*.

Le pouvoir *émissif* est cette faculté que pos-

sède le corps échauffé d'émettre de la chaleur par voie de rayonnement ;

Tandis que le pouvoir *absorbant* est la propriété que possèdent les corps, d'absorber la chaleur émise par le rayonnement.

Le pouvoir *absorbant* et le pouvoir *émissif* varient l'un comme l'autre, et deviennent égaux pour une même différence entre les températures du corps et celle du milieu ambiant. Le pouvoir absorbant varie encore avec les sources de chaleur.

Toutes ces propriétés de la chaleur, fort remarquables, du reste, la rapprochent beaucoup de la lumière, surtout si l'on y joint celle de pouvoir être polarisée comme elle, et ouvrent ainsi un nouveau champ aux observations. Mais les résultats n'en sont point d'une appréciation aussi immédiate, ni aussi usuelle que ceux de la transmission de la chaleur par le contact, et des phénomènes auxquels elle donne naissance. Chacun sait déjà que lorsqu'on met à côté l'un de l'autre deux corps, dont l'un est plus froid que l'autre, le plus chaud cède de sa chaleur au premier, et qu'en peu de temps tous deux arrivent

à la même température : c'est que dans ce contact de deux corps possédant des températures différentes, le plus chaud cède au plus froid une portion de sa chaleur, qui, se propageant de molécule à molécule par voie de rayonnement, diminue d'autant plus vite, que le corps qui la reçoit l'absorbe plus rapidement. C'est un fait trop simple et trop facilement vérifié pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter long-temps. Cependant cette facilité d'absorption offre des particularités inhérentes à la nature même des corps, qu'il est nécessaire d'énumérer. Ainsi, en examinant tous les corps simples sous ce point de vue, on a déjà pu les partager en deux catégories bien distinctes : les uns qui absorbent la chaleur avec grande facilité, et qui la communiquent rapidement dans toute leur masse, ont été appelés, par cette raison, *corps bons conducteurs* de la chaleur, ou simplement *conducteurs ;* les autres, au contraire, n'ayant point cette faculté, ont été nommés *mauvais conducteurs*. Ceux qui conduisent bien la chaleur ont reçu, en outre, et, par suite d'autres propriétés, le nom de *métaux* ou de corps métalliques, tandis que les autres ont été nommés, par

opposition, corps non métalliques, définition peu rationnelle, comme nous le verrons bientôt. Cependant il ne peut y avoir en ce sens de définition ni de classement rigoureux; car, parmi les corps mixtes ou composés, il en est qui sont formés par des élémens métalliques et non métalliques, et qui possèdent ces facultés conductrices de la chaleur à divers degrés : dès-lors, l'expérience peut seule les classer et leur assigner la place qu'ils doivent occuper dans cette échelle. C'est d'après ce principe que M. Despretz, à qui l'on doit un travail sur cette matière, a classé divers corps dans l'ordre suivant, et leur a assigné les nombres qui leur correspondent, pour représenter cette conductibilité relative; ainsi on a, en première ligne, les métaux, parmi lesquels :

L'or . . . . est	1000,0
L'argent	973,0
Le cuivre.	898,0
Le platine	381,0
Le fer.	374,3
Le zinc	363,0
L'étain.	303,9
Le plomb.	179,6
Le marbre	23,6
La porcelaine.	12,2
L'argile.	11,4

Puis viennent ensuite le coton, la laine, la pail-

le, etc. Toutefois, MM. Delarive et Marcet ont reconnu que la conductibilité du bois est moindre, pris dans une direction perpendiculaire aux fibres, que dans le sens même de ces fibres, et que l'on peut ranger ainsi les bois relativement à leur pouvoir conducteur : noyer, chêne, sapin, peuplier, liége.

C'est en vertu de cette facilité à répandre la chaleur, que sont dus ces phénomènes que l'on est à même de vérifier chaque jour, au milieu des habitudes les plus communes de la vie : à chaque instant on est à même d'apprécier que le fer est bon conducteur de la chaleur, lorsque après en avoir échauffé une tige par l'une des extrémités, on ne peut plus la saisir par l'autre, quoiqu'elle puisse être éloignée du foyer de plus de quelques décimètres au moins, parce que sa température se sera trop élevée en raison même de sa bonne conductibilité : au lieu qu'un morceau de charbon placé dans les mêmes conditions pourra facilement être tenu dans les doigts tout près de la partie même qui est incandescente.

Mais si les corps ont le pouvoir de disséminer plus ou moins facilement la chaleur d'un foyer

quelconque dans toute leur masse, on concevra facilement que tous, pour être élevés au même degré de température, pourront demander des quantités de chaleur qui varieront pour chacun d'eux, et que, par conséquent, le temps de leur échauffement à un foyer déterminé pourra varier dans des limites très larges, et en raison même de la quantité de chaleur qu'ils recevront. C'est ainsi que, lorsqu'on mêle ensemble parties égales d'eau froide à zéro et d'eau bouillante + 100°, on obtient un total dont la température est de + 50°, parce que l'eau froide prise en même quantité que l'eau chaude, demande la même quantité de chaleur pour élever sa température du même nombre de degrés. Si, au contraire, on mêle de l'eau à zéro avec la même quantité en poids de mercure dont la température soit de + 100°, le mélange n'acquerra qu'une température de + 3°; par conséquent, le mercure n'a pas besoin, pour s'échauffer jusqu'à + 97°, de plus de chaleur qu'il n'en faut pour échauffer, pour porter la température de l'eau jusqu'à + 3°. Par la raison inverse, si l'on mêle ensemble parties égales en poids d'eau chaude à 100°,

et de mercure à zéro, le mélange indiquera, par la même raison, une température de + 97°, parce que l'eau n'a qu'à abandonner trois degrés de chaleur pour échauffer le mercure de + 97°. L'eau, comme on le voit, contient donc près de trente-trois fois autant de chaleur que le mercure; d'où l'on voit encore qu'il faudra un foyer qui dégage trente-trois fois moins de chaleur pour élever au même degré un poids égal d'eau et de mercure. Ce sont ces divers pouvoirs d'absorption de la chaleur que l'on a désignés sous le nom de *pouvoirs calorifiques*, de *capacités calorifiques* ou de *chaleurs spécifiques*. Les travaux de MM. Dulong et Petit sur ce sujet étaient les plus complets jusqu'à ces derniers temps, où M. Regnault, après avoir repris toutes les expériences avec un soin rigoureux, pour chaque corps en particulier, en a démontré plusieurs erreurs. Nous verrons plus loin que l'on a pu tirer de ce phénomène des conclusions curieuses qui viennent à l'appui de certaines théories.

Après avoir ainsi posé les premiers principes de la manière avec laquelle la chaleur se propage dans les corps, et de la marche régulière ou spé-

ciale qu'elle suit, il faut examiner de même toutes les modifications qu'elle peut aussi leur faire subir.

Ainsi, lorsqu'on échauffe d'une manière quelconque un corps solide, simple ou composé, le premier effet qu'il en reçoit est une augmentation de volume : on dit alors qu'il se dilate. Si au lieu de borner cette action à un simple accroissement de volume, c'est-à-dire, à la dilatation du corps resté toujours solide, on accumule entre ses molécules une quantité plus considérable de cette chaleur, alors l'attraction qui lui donnait sa solidité est vaincue, détruite ou au moins de beaucoup affaiblie ; et les molécules au lieu d'obéir à l'attraction puissante qui les tenait étroitement resserrées dans une situation spéciale, ne le sont plus que faiblement, et tournent avec facilité les unes autour des autres. Le corps ne présente plus alors aucune forme déterminée ; il peut occuper toutes les sinuosités des vases dans lesquels on le renferme : on dit alors que le corps a changé d'état, et que, de solide, il a pris l'état liquide. Ainsi donc, lorsqu'on chauffe un corps solide, le premier effet qu'il subit est d'être dilaté, puis, en le chauffant davantage, de perdre sa solidité et de

prendre cette autre forme que l'on appelle l'état *liquide*. La chaleur, dans ce cas, combat la *cohésion* qu'elle peut affaiblir jusqu'au point même de la vaincre tout-à-fait. Par une raison inverse, on concevra bien qu'un corps une fois à l'état liquide, mis en contact avec un corps plus froid que lui, perdra peu-à-peu de sa chaleur selon la capacité calorifique du plus froid, et que de cette manière les molécules se trouvant de plus en plus rapprochées, le corps reprendra sa solidité primitive. On peut donc, d'après cela, considérer les corps, en faisant abstraction de toute action calorifique, comme étant primordialement tous solides, et que la liquidité propre à quelques-uns d'entre eux, sous les conditions normales de notre atmosphère, n'est que le résultat de l'action d'une certaine quantité de chaleur. Ainsi, en principe, par de la chaleur tous les corps solides, en général, peuvent devenir liquides, et tous les corps liquides, par soustraction de ce calorique, peuvent être ramenés à l'état solide. C'est ainsi qu'en chauffant de la glace on en fait de l'eau, et qu'en refroidissant de l'eau on en fait de la glace. Mais cette règle, si générale et si rationnelle souf-

fre de nombreuses exceptions, non dans son principe, mais en raison de l'insuffisance de nos moyens calorifiques, ou d'opérer un refroidissement convenable. Combien n'avons-nous pas autour de nous de corps solides que nous ne pouvons fondre, et que de liquides ne pouvons-nous pas solidifier. Cependant, depuis quelques années, les progrès de la science ont été tels, que l'on a pu atteindre sous ce rapport à des résultats qui, jusque-là, avaient été considérés comme impossibles.

Mais si la chaleur agit dans un sens opposé à l'attraction, il doit en résulter qu'en échauffant suffisamment les corps, on peut atteindre une limite à laquelle cette attraction naturelle est complétement effacée par l'effet de ressort produit par une grande accumulation de chaleur entre toutes les molécules. C'est alors, en effet, qu'il y a répulsion, et que le corps, qui primitivement était solide, peut passer par les intermédiaires de l'état pâteux à l'état liquide, et de celui-ci à un autre état où l'attraction moléculaire n'a plus de puissance, c'est-à-dire à l'état de fluide élastique. Comme exemple, je choisirai encore de la glace, qui échauffée donne de l'eau ; puis cette eau portée

à une température convenable, est réduite en vapeur, là où elle peut acquérir cette force élastique si considérable qui fait l'âme de si puissantes machines. Mais l'effort de répulsion que l'on peut ainsi à volonté placer, par de la chaleur, entre les molécules des corps, peut encore être accrû considérablement par la compression. Car si, à mesure qu'un corps passe de l'état liquide à celui de fluide élastique, par un moyen quelconque on l'empêche de se dégager et d'échapper ainsi à l'action calorifique, peu-à-peu, le foyer continuant d'envoyer de la chaleur et en même quantité, ce corps recevra plus de chaleur entre ses molécules, et acquerra ainsi un effet de ressort d'autant plus énergique, que cette quantité de chaleur sera plus considérable. C'est ce phénomène, devenu familier maintenant pour tout le monde, qui se passe dans les chaudières à vapeur. Chacun sait qu'en faisant bouillir de l'eau dans un vase ouvert, on la voit peu-à-peu disparaître et former un fluide élastique, dont la force est nulle sans conditions étrangères de compression. Mais renferme-t-on cette eau dans des appareils d'où la vapeur ne puisse plus s'échapper,

toute la chaleur reçue par ce liquide, n'étant plus dépensée, est accumulée dans toute sa masse, la température s'élève en raison même de l'intensité du foyer, et l'effet de ressort du fluide élastique produit lui devient correspondant. C'est alors seulement que cette vapeur d'eau peut soulever d'aussi énormes poids et produire toutes ces merveilles dont nous sommes maintenant témoins. En résumé, la chaleur est une force dont les effets sont opposés à la *cohésion;* qui tente toujours d'écarter les molécules, de manière que tous les corps considérés d'abord comme solides, peuvent, par son action, devenir d'abord liquides, puis à l'état aériforme ou de fluides élastiques. Ainsi, par une simple modification de l'attraction, sans qu'en aucune manière les propriétés en soient changées, la matière peut occuper trois états différens. Chacun de ces états, dans ses rapports avec le progrès actuel de la science et de nos moyens d'action, á reçu des qualifications spéciales pour en saisir d'un seul mot la généralité. C'est ainsi : que l'on ajoute le mot de *permanens* aux corps solides, liquides et aériformes, que l'on n'a pu jusqu'ici ni liquéfier ni solidifier;

que l'on désigne sous le nom de *gaz*, en général toutes substances amenées à l'état de fluide élastique, et plus particulièrement toutes celles qui à cet état ne peuvent ni être liquéfiées ni solidifiées. Tandis que l'on désigne par le mot de *vapeur* tout fluide élastique, au contraire, dont on peut faire varier l'état, tel que le fluide élastique produit par l'eau, auquel on donne génériquement le nom de vapeur.

Dans la succession des changemens d'état qu'éprouve la matière, il se passe des phénomènes particuliers qui dans leur marche ont assez de régularité pour que quelques observateurs en aient fait des lois qui, jusqu'en ces derniers temps, avaient été considérées comme immuables, mais dans lesquelles des observations récentes faites avec grand soin ont démontré des inexactitudes. On observe, en effet, que toutes les fois qu'un corps reçoit ou perd de la chaleur, son volume augmente ou diminue: quelques corps semblent faire exception lors de leur changement d'état; cependant quelques observateurs par des explications non encore contrôlées, les font rentrer dans la loi commune : tels sont, l'eau, la

fonte, le fer et le bismuth, qui, au moment de leur solidification, après avoir été amenés à l'état liquide, augmentent de volume.

Laplace, Lavoisier avaient avancé que les corps solides échauffés augmentaient de volume, ou, pour parler le langage de la science, se dilataient d'une manière uniforme de 0° à 100°. MM. Dulong et Petit, après avoir repris ces expériences avec plus de précision, constatèrent que, pour un même degré, la dilatation croissait avec la température, mais que cet accroissement était insensible de 0° à 100°, et qu'il ne devenait considérable que de 100° à 300°. Quoi qu'il en soit, on remarque dans la dilatation des solides que l'augmentation a lieu 1° linéairement, 2° par les surfaces, 3° selon le volume. La dilatation des surfaces est double de la première, et celle du volume à-peu-près triple.

On a remarqué aussi que les liquides soumis à la chaleur et au refroidissement se dilatent et se contractent comme les solides; c'est même sur ces caractères qu'est fondée la construction des thermomètres. A ce propos je rappellerai que M. Regnault vient de constater les faits suivans, trop im-

portans, même dans les études chimiques, pour être passés ici sous silence : il a vu que deux thermomètres à mercure qui s'accordent bien pour le zéro et pour le point de l'ébullition, ne marchent plus ensemble pour tous les autres points de l'échelle. Les différences sont quelquefois de plusieurs degrés quand les deux thermomètres n'ont pas été construits avec la même espèce de verre; d'où il résulte que les thermomètres à mercure, dont on se sert dans des expériences précises et comparables, doivent être examinés scrupuleusement non-seulement pour les points fixes de l'échelle, mais encore pour des températures élevées.

De même pour la dilatation des gaz MM. Gay-Lussac et Dalton avaient admis, chacun séparément, que tous les gaz se dilataient également pour un même degré de température de 0° à 100°, et que la dilatation pour 1° du thermomètre était de $\frac{1}{267}$ de leur volume à zéro. Mais MM. Magnus et Regnault, séparément encore, reprirent cette question, et, en évitant soigneusement toutes causes d'erreurs, obtinrent le nouveau chiffre de 0,003665, comme coëfficient de la dilatation, au lieu de 0,00375 admis par les premiers. Dans

ces termes, le coëfficient de la dilatation de l'air admis jusque-là était trop fort de $\frac{1}{37}$. Ce résultat obtenu, M. Regnault pensant que la dilatation des autres gaz pouvait bien varier dans des limites analogues, fit de nombreuses expériences sur plusieurs gaz, et en conclut que, dans les mêmes circonstances, tous les gaz n'ont pas le même coëfficient de dilatation, et qu'il varie environ de 0,003665 à 0,003685.

Non-seulement M. Regnault a fait ces expériences sous les conditions de pression atmosphérique ordinaire ou variant fort peu, mais il les a fait varier sous des pressions considérables, et a été conduit par les résultats aux conséquences suivantes : « La loi admise par les physiciens, savoir, que l'air se dilate de la même fraction de son volume à 0°, quelle que soit d'ailleurs sa densité, n'est pas exacte. L'air se dilate, entre les mêmes limites de température, de quantités qui sont d'autant plus considérables que la densité est plus grande.

Ces résultats contredisent donc les lois admises depuis long-temps, savoir :

Que tous les gaz se dilatent de la même quantité entre les mêmes limites de températures.

Toutefois, et de l'avis de M. Regnault, quoique ces résultats soient rigoureux, ils ne doivent cependant pas exclure les lois premièrement admises, quand surtout on prend les gaz à leur maximum de dilatation, et que cet état est parfait.

Après avoir ainsi posé les principes de la propagation de la chaleur, il est nécessaire cependant de revenir sur les faits principaux qui ont en chimie une application plus immédiate.

La formation des fluides élastiques non permanens ou vapeurs, sous les conditions normales de pression et de chaleur de notre atmosphère, comparée aux modifications qu'elle éprouve lorsqu'on en change la nature dans des limites quelquefois même très éloignées, mérite une attention particulière.

Lorsqu'on abandonne un corps liquide à lui-même sous la pression normale d'une colonne de 0,76 centimètres de mercure, qui exprime le poids de notre atmosphère, et à la température ordinaire représentée par 10°, on voit beaucoup de liquides se réduire en vapeur, et se dissiper peu-à-peu sous cette forme : tels sont l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles essentielles, etc.; c'est que, sous

ces influences, il y a entre les molécules de ces corps une force élastique telle, que toute cohésion partiellement vaincue est remplacée par un effet de ressort qui tente toujours à augmenter le volume du corps en le raréfiant de plus en plus. Tandis que de la sorte un certain nombre de liquides sont dissipés, beaucoup d'autres n'éprouvent aucune altération, ni de volume ni de poids : leur cohésion est trop considérable; il faut, pour la vaincre, ou augmenter la chaleur, par conséquent l'effet de la répulsion, ou diminuer la pression atmosphérique qui s'exerce à la surface du corps. Dès-lors, ou en chauffant le liquide sous la pression ordinaire, ou en réunissant les deux conditions simultanément, on favorise beaucoup l'évaporation. Mais comme le point d'ébullition des liquides est positivement le terme auquel la vapeur produite absorbe toute la chaleur que le liquide peut recevoir, et auquel, par conséquent, il y a équilibre entre la quantité de chaleur reçue et la quantité dégagée, soit par les vapeurs ou autrement on conçoit combien il est important, dans l'étude des divers corps, de pouvoir assigner ce point avec une exactitude rigoureuse. Il faut donc avoir égard

à la température, et surtout à la pression sous l'influence desquelles on agit ; car, il est évident que les résultats ne seront plus les mêmes lorsque ces conditions varieront. D'abord, si aucune force ne s'oppose à l'écartement des molécules, le corps pourra occuper un espace d'autant plus grand, que l'agent qui le sollicitera sera plus énergique, et contiendra ainsi moins de matière sous le même volume. Si, au contraire, les molécules sont soumises à une pression, l'effet de distension sera d'autant moindre, que la compression sera plus forte.

De même aussi la soustraction de la chaleur d'un corps, augmentant sa cohésion, la contraction sera considérablement accrue, si au refroidissement on joint en même temps un effet de rapprochement mécanique par une compression plus ou moins forte. C'est ainsi que l'on est parvenu, en les refroidissant et en les comprimant tout à-la-fois, à liquéfier plusieurs corps gazeux. Il suit encore de ces observations, que si un corps gazeux à la température et à la pression ordinaire, est amené à l'état liquide sous l'influence d'une pression plus forte et d'un refroidissement intense, et si on le soustrait tout-à-coup

à ces conditions, une partie reprendra instantanément son état gazeux normal. Mais cet effet n'aura lieu que parce que la portion qui deviendra gazeuse absorbera ce qui reste de chaleur à l'autre partie restée liquide, et qui, par ce fait, deviendra solide.

On se rend donc facilement compte, d'après cela, pourquoi les gaz sont des corps aisément compressibles, et comment il se fait que, par une pression subite et forte, ils dégagent une quantité de chaleur souvent fort considérable. C'est de cette manière qu'en plaçant un morceau d'amadou à l'extrémité d'un piston qui ferme hermétiquement un cylindre de verre épais, on peut produire tout-à-coup l'incandescence de l'amadou en comprimant dans le cylindre une certaine quantité d'air.

Outre toutes les modifications que la chaleur apporte à l'agrégation des corps, soit en leur communiquant une certaine quantité de calorique appréciable aux instrumens, ou, au contraire, qui devient partie constituante du corps, et que pour cela on désigne sous le nom de calorique *latent*, elle fait encore subir aux corps com-

7

posés dans leur constitution des changemens importans qui varient selon les circonstances.

C'est ainsi que nous avons vu que, par l'écartement des molécules, la chaleur pouvait, en détruisant la *cohésion* des corps, faciliter ou produire seule l'union des élémens. Mais ici encore l'intensité de la température doit être scrupuleusement observée ; car, si de deux corps solides, qu'une faible chaleur peut unir, l'un des deux peut, à un degré supérieur, devenir liquide, et de là passer à l'état de vapeur, ou prendre de suite cet état, il arrive qu'au-delà du point de la chaleur nécessaire pour effectuer l'union de leurs divers élémens, soit par la nature des composés partiels qui aient pu prendre naissance, ou par l'état d'un des élémens au moins à cette température, que ces corps prennent l'état gazeux, le composé est détruit et les élémens de nouveau dissociés. Pour exemple, si l'on fait chauffer du mercure pendant long-temps au contact de l'oxygène ou de l'air, on voit qu'à la température de l'ébullition de ce métal il se produit peu-à-peu une matière rouge pulvérulente qui est formée par l'union du mercure (corps simple) avec de l'oxygène

(autre corps simple), que l'on nomme *oxyde de mercure;* mais si, au lieu de maintenir exactement la chaleur à ce degré, on chauffe davantage, la poudre rouge qui a pris naissance est de suite détruite; les élémens reprennent leur état primitif, car l'un est gazeux et l'autre liquide.

La chaleur peut donc, selon son intensité, faire et détruire tour-à-tour certains corps composés, surtout lorsque l'état de l'un des corps est différent de celui des autres composans à la température et sous la pression moyenne de l'atmosphère. Mais, outre ces deux points extrêmes de la formation et de la décomposition des corps complexes, lorsque la substance est formée d'élémens associés, de telle manière qu'en variant les proportions de chacun d'eux ils puissent encore rester dans un état d'équilibre parfait, on obtient, en chauffant le corps à des degrés différens, mais fixes, des produits dont les propriétés sont bien tranchées de celles du premier qui leur a donné naissance; tels sont surtout les corps de nature organique, c'est-à-dire provenant d'êtres qui ont vécu, et sur le dédoublement et la transformation

desquels pour des températures ou degrés différens, M. Pelouze a formulé des principes généraux fort curieux et très utiles dans les travaux chimiques.

Il a vu qu'en chauffant graduellement un corps de nature organique, à un certain degré, ce corps primitif est détruit, et qu'une partie des élémens s'unit pour former un composé binaire, tandis que le reste constitue un nouveau corps plus stable que le premier.

Que quand une matière organique est parvenue au degré où sa décomposition *pyrogénée* peut s'effectuer, et qu'on la maintient à cette température, le phénomène s'accomplit dans toute sa netteté. Mais si l'on dépasse peu-à-peu ce dernier terme, en l'élevant progressivement, on peut en rencontrer un second où s'opère encore une nouvelle combustion, et où un nouveau produit *pyrogéné* prend naissance.

Il arrive même quelquefois que l'on constate d'énormes différences entre les produits obtenus et la faible distance qui les sépare. La chaleur, comme on le voit, exerce une grande influence sur la nature des produits qu'elle aide à former ; mais

cette action, sagement combinée et scrupuleusement observée, est une mine féconde dans laquelle on n'a pas assez puisé. Beaucoup de produits, même commerciaux, sont imparfaits, et ne possèdent pas les précieuses qualités qu'ils devraient offrir, parce que l'action de la chaleur à laquelle ils ont été soumis n'a pas été convenablement étudiée. Outre ces actions brusques et tranchées, la chaleur peut, dans nombre de circonstances, suppléer à l'action lente du temps, et produire en peu d'instans ces réactions, qu'un nombre d'années souvent fort prolongé peut seul accomplir avec les conditions atmosphériques ordinaires. Souvent, si l'on compense la durée par l'action chimique de la chaleur, on atteindra la solution d'une foule de ces phénomènes qui d'abord paraissent le résultat des forces générales de la nature. Il reste donc sur cette question un champ vaste à parcourir, qui ne peut être sans profit pour la statique chimique, aussi bien que pour la physiologie des deux règnes d'êtres *animés*, et que pour l'industrie.

Ainsi, d'après tout ce qui précède, il faut conclure que la chaleur est :

1° Une force particulière qui existe chez tous les êtres de la nature ;

2° Qu'elle peut être dégagée de foyers spéciaux créés à volonté, pour être dirigée et accumulée sur tous les corps en quantités variables, de même que le soleil échauffe la terre et tous les corps placés à sa surface ;

3° Que la chaleur est une force opposée à la *cohésion*, dont elle modifie ou annule les effets ;

4° Qu'en raison de l'effet de répulsion qu'elle exerce entre les molécules des corps qui la reçoivent peu-à-peu, et de l'état d'écartement où elle les place, la matière de ces derniers, primitivement unie sous l'influence d'une forte cohésion, peut occuper successivement trois états différens auxquels on a donné les noms :

D'*état solide*, comme la glace ; d'*état liquide*, comme le devient la glace un peu chauffée, et d'*état gazeux* ou de *fluide élastique*.

Aux considérations qui précèdent, il s'en joint d'autres aujourd'hui qui portent avec elles l'attrait qui accompagne toute découverte nouvelle dont la gravité et l'importance doivent la mettre au rang des vérités de la science : ce sont les

nouvelles recherches sur un *quatrième état* de la *matière*, qui sont dues à M. Boutigny, d'Evreux. Voici les traits principaux de ces observations :

Tout le monde a peut-être remarqué que, lorsqu'on fait tomber quelques gouttes d'eau sur une surface chauffée fortement, cette eau se réunit en forme de globules qui parcourent la surface chauffée sans se volatiliser, si ce n'est après quelques instans ; tandis que, si la surface est un peu refroidie ou n'a pas été primitivement assez échauffée, l'eau entre immédiatement en ébullition et disparaît promptement, sans donner naissance au phénomène qui nous occupe. A quelle cause faut-il donc recourir pour avoir raison de cette espèce d'anomalie? Jusqu'ici on disait qu'au moment du contact entre la goutte d'eau et la surface chauffée, il y avait une certaine quantité de vapeur produite, dont la tension était telle, qu'elle soulevait le petit globule de liquide, et ne lui permettait pas de s'échauffer davantage immédiatement. Cette explication avait satisfait, et l'on pouvait concevoir que cette atmosphère de vapeur, entraînée par le mouvement giratoire du globule, en vertu d'une force attractive qu'il

ne serait nullement déplacé d'admettre, envelopperait de toute part la goutte de liquide, et lui donnerait sa forme sphéroïdale, en même temps qu'elle en empêcherait la volatilisation momentanée.

Mais M. Boutigny assigne une autre cause au phénomène : il ne le regarde pas comme un fait provenant de l'action fortuite des forces naturelles, mais comme une nouvelle propriété générique de la matière. Ce n'est qu'après de nombreuses recherches faites avec le soin et la conscience qu'on serait heureux de toujours rencontrer dans les travaux scientifiques, que cet habile observateur est arrivé à formuler son opinion d'une manière précise, et que je rapporterai ici textuellement sans la commenter, laissant à leur auteur le soin d'en faire reconnaître la vérité beaucoup plus habilement et avec plus de facilité que je ne pourrais le faire. Du reste, dans ses écrits, il assume trop franchement la responsabilité sur lui, pour qu'il ne soit pas déplacé dans un travail comme celui-ci d'en faire la critique. La *vérité* parle assez haut pour qu'on l'entende malgré tout.

Seulement je regrette beaucoup de ne pouvoir

rapporter des particularités fort remarquables, que, dans ses expériences, M. Boutigny a signalées sur l'altération particulière qu'éprouvent certains corps placés dans les conditions de ses expériences. Mais ces faits rentrent dans le domaine de travaux chimiques spéciaux, et ne peuvent plus faire partie des généralités de la science. Voici comment s'exprime M. Boutigny.

« *Jusqu'ici l'on n'a admis que trois états pour les corps : l'état solide, l'état liquide, et l'état gazeux.*

« *Mais il est un quatrième état, qui trouve sa place entre l'état liquide et l'état gazeux :* C'EST L'ÉTAT SPHÉROIDAL. »

« ...L'on a vu un grand nombre de corps projetés sur une surface chauffée à une haute température prendre constamment la forme d'une sphère, chacune d'elles ayant un volume en quelque sorte proportionnel au poids spécifique du corps, et en raison inverse de ce poids ; ainsi le sphéroïde de mercure est presque imperceptible ; celui d'acide sulfurique est plus grand que celui de mercure, etc. ; le sphéroïde d'éther a un très grand volume comparativement à celui du mercure.

« ... Les corps à l'état sphéroïdal... restent constamment à une température inférieure à celle de leur ébullition, sous la pression normale de l'atmosphère, quelle que soit la température de la surface caléfiante.

« Ce phénomène, fort singulier, constitue une loi jusqu'à ce jour sans exception. »

Maintenant, après avoir discuté la valeur des diverses opinions émises pour expliquer le phénomène qu'il signale, M. Boutigny s'exprime en ces termes :

« La véritable théorie, la voici :

« *Les corps à l'état sphéroïdal sont des planètes ayant une atmosphère formée de leur substance propre, dont la hauteur est égale à l'espace qui les sépare de la surface caléfiante*, *et cette hauteur est*, *au diamètre du sphéroïde*, *comme la hauteur de l'atmosphère terrestre est au diamètre du globe, toutes choses étant égales d'ailleurs*, *c'est-à-dire*, *la densité des corps à l'état sphéroïdal*, *et celle de leur atmosphère*, *étant ramenées à celle présumée du globe terrestre*, *et à celle de son atmosphère*. »

A cet exposé, je n'ai plus qu'à joindre le résumé

des faits de ce travail, tel que l'a donné M. Boutigny lui-même :

« 1° La chaleur fait naître dans les corps une force répulsive qui croît avec leur masse et avec le poli de leur surface ; cette force paraît être exclusivement due à la chaleur, et être tout-à-fait indépendante de la nature des corps.

« 2° Cette force a une telle puissance, qu'elle neutralise ou détruit la pesanteur.

« 3° Un corps volatil quelconque, projeté sur une surface possédant la force répulsive dont il s'agit, ne peut pas se mettre en contact avec cette surface ; il contracte alors de nouvelles propriétés physiques, et se comporte comme s'il avait cessé d'être soumis à l'attraction de la terre.

« 4° Les corps volatils projetés sur des surfaces incandescentes passent immédiatement à l'état sphéroïdal.

« 5° A l'état sphéroïdal, la matière ne s'échauffe jamais assez pour bouillir.

« 6° Le volume des sphéroïdes est proportionnel au poids spécifique de la matière dont ils sont formés, et en raison inverse de ce poids.

« 7° L'équilibre de chaleur ne s'établit pas avec les corps à l'état sphéroïdal.

« 8° L'équilibre de tension ne s'établit pas non plus avec les corps sous cet état.

« 9° Lorsque deux corps volatils sont mélangés, et qu'on les projette sur une surface incandescente, c'est le plus volatil des deux qui s'évapore le premier. »

Tel est le résumé des idées fondamentales du travail de M. Boutigny que j'ai cru devoir trouver place dans ce livre, et le résumé que je crois avoir fait avec le plus d'exactitude possible, en choisissant les passages les plus concluans du travail de l'auteur.

Ces faits auront toutefois ouvert encore une nouvelle voie aux recherches des chimistes et des physiciens, car il est important de constater sévèrement la nature des modifications de toute sorte que subissent les corps placés dans ces conditions.

De la lumière.

Il serait impossible, dans un cadre aussi resserré que l'est celui de ce travail, d'énumérer toutes les propriétés de la lumière, même les plus importantes : cette étude rentre en entier dans le domaine de la physique ; je me bornerai donc à énoncer ici l'influence seule de la lumière dans les actions chimiques. Cette explication devient d'autant plus facile, que, dans la plus grande partie des circonstances, la lumière est accompagnée de chaleur, et qu'alors les effets se confondent ; cependant comme les corps peuvent très souvent être soumis à l'action de la lumière dépouillée de toute chaleur, il est nécessaire d'examiner en particulier les phénomènes qu'elle peut ainsi produire.

La lumière, comme la chaleur, se propage dans l'espace sous forme de rayons qui peuvent traverser des milieux diaphanes, et recevoir d'eux

des modifications qui sont en rapport avec leur nature. C'est même à ces causes d'altération spéciale de la lumière que sont dues les véritables colorations des corps; car Newton démontra le premier qu'un rayon de lumière blanche est composé de sept espèces différentes de rayons qui ont la propriété spéciale de faire éprouver chacun une sensation particulière sur les organes de la vue; c'est-à-dire que l'œil les perçoit tous les sept avec une couleur particulière. Ces rayons peuvent être rangés dans l'ordre suivant : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet. D'après cela, ces sept couleurs seraient la base primitive de toutes les autres et de leur mélange dans tel ou tel ordre ou telle et telle proportion, résulteraient toutes les autres colorations. Dès-lors les couleurs des corps ne seraient dues qu'à la décomposition des rayons solaires, dont une partie serait absorbée par le corps, tandis que le reste serait renvoyé et viendrait de cette manière frapper l'œil d'une coloration particulière. Ainsi, la lumière blanche représenterait la totalité des rayons lumineux renvoyés ainsi intégralement par certains corps, tandis que les objets qui nous paraîtraient noirs ab-

sorberaient la totalité des rayons sans en renvoyer aucun : ce serait donc l'absence de toute coloration, ce qui a lieu en effet.

J'ai déjà dit que les rayons lumineux peuvent être ou non accompagnés de chaleur. Wollaston a démontré que lorsque la lumière est accompagnée de chaleur, ce qui est le plus fréquent, et que les rayons traversent des corps bons conducteurs ou transparens, ils ne subissent pas de décomposition, et le corps qui les laisse passer n'acquiert pas de chaleur ; mais, au contraire, moins les corps sont translucides et plus ils s'échauffent. Telle est la raison pour laquelle les rayons du soleil échauffent peu l'air qui est le meilleur conducteur connu de la lumière ; tandis que le verre même le plus limpide, étant déjà moins bon conducteur que l'air, décompose la lumière, ce qui explique pourquoi les rayons du soleil à travers une vitre acquièrent une chaleur souvent intense. Les mêmes raisons expliquent naturellement le froid que l'on ressent dans les hautes régions de l'atmosphère et sur les montagnes élevées ; car l'absence des corps mauvais conducteurs ne décomposant plus la lumière, et d'autres qui, ne la

réfléchissant pas, n'en renvoient plus la chaleur qu'ils contiennent.

Les rayons lumineux influent de diverses manières sur la nature chimique de beaucoup de corps. Dès 1556, on a reconnu le pouvoir que possédait la lumière d'altérer certains corps et en particulier le composé naturel de chlore et d'argent (connu des anciens sous le nom de lune cornée, chlorure d'argent) qui, une fois exposé à la lumière, noircissait promptement. Mais ce fut Scheèle qui le premier analysa cette réaction en examinant l'influence de chaque rayon coloré en particulier sur une bande de papier enduit de chlorure d'argent. Alors, il vit que selon sa couleur ou sa nature, chacun de ces rayons avait une intensité d'action particulière, et que le maximum existait dans les rayons violets. Mais Wollaston et Ritter, ayant repris l'expérience de Scheèle, démontrèrent que cette action de la lumière s'étendait non-seulement à l'espace occupé par le rayon violet, mais encore à un degré égal au-delà du rayon visible : Wollaston en tira la conséquence que la réaction produite sur le chlorure d'argent devait être attribuée non-seulement à deux des rayons

colorés perceptibles, mais à d'autres rayons invisibles qui les accompagnent. Il en résultait donc que la lumière solaire agissait dans certains cas comme force chimique. A ces faits, MM. Gay-Lussac et Thenard en joignirent d'autres non moins évidens qui portèrent, dans ces derniers temps, les physiciens à examiner ces caractères de plus près. Il résulte enfin de toutes les recherches faites jusqu'à ce jour, que les effets chimiques produits par la lumière sur les divers corps sont dus à l'action d'un certain ordre de rayons qui accompagnent toujours les rayons lumineux, et que l'on a désignés à cause de leur nature sous le nom de *rayons chimiques*, que l'intensité de leur action est d'autant plus grande que l'on se rapproche davantage du rayon violet, et qu'elle diminue au contraire à mesure qu'on s'en éloigne. Mais, avec cette propriété, M. Ednond Becquerel a signalé une autre action de la part des rayons lumineux, qui doit paraître fort étrange d'abord. Ces expériences ont eu pour base l'action que la lumière exerce sur les sels d'argent. Voici en quels termes il s'exprime :

« A partir de la limite d'action des rayons chi-

miques (du spectre chimique) ordinaires qui agissent sur un sel de ce métal (l'argent) jusqu'au rouge, il existe des rayons chimiques dont la seule fonction est de continuer une réaction chimique commencée. Si, par exemple, on opère avec l'iodure ou le bromure d'argent, on a un spectre chimique qui s'étend, en général, depuis le milieu du bleu jusqu'au-delà du violet. »

Ces rayons particuliers, M. E. Becquerel les a nommés rayons *continuateurs*, attendu que leur action ne se manifesterait que lorsque le sel a été soumis préalablement à l'action des premiers.

Cette grave question doit assurément être mûrement discutée par les physiciens avant de passer complétement dans la science, car on doit pressentir ce qu'il y a de singulier à accepter de suite l'action d'une force particulière dont le rôle est borné à continuer simplement ce qui serait commencé par une autre

D'après ces caractères, il devient facile de concevoir que la lumière exerce une grande influence sur les divers composés chimiques, et par conséquent sur la nature de tous les êtres du globe qu'ils soient ou non organisés. Personne n'ignore

que toutes les substances colorées sont attaquées et même peu-à-peu détruites par l'action du soleil, car c'est là le sort de toutes les étoffes colorées qui en reçoivent directement les rayons. Cependant cette lumière, agent destructeur, peut être nécessaire quelquefois à la production de certaines couleurs, toutes les plantes élevées dans l'obscurité ne le constatent-elles pas? Elles sont alors molles, étiolées, faibles, pâles et décolorées; celles même qui sont élevées dans nos appartemens s'inclinent sans cesse du côté du jour, pour saisir cette lumière dont elles ont tant besoin. Aussi quelle différence de ton dans la nuance de ce végétal qui respire et croît au grand jour, comparé à la pâleur et à la débilité de celui qui s'étiole en croissant dans l'obscurité ou dans ce demi-jour mortel pour lui. C'est qu'en effet, la lumière est nécessaire à tous les êtres, c'est un des élémens essentiels de la vie, quoiqu'elle semble faire parcourir avec plus de rapidité, aux corps sur lesquels elle influe, l'échelle des modifications qu'ils doivent subir en les amenant toujours à une composition de plus en plus simple. C'est ainsi que les rayons directs du soleil détrui-

sent ordinairement les corps composés, en ramenant leurs élémens à l'état primitif, surtout quand l'un d'eux est à l'état de gaz. On trouvera que des acides composés d'oxygène, qui est un corps simple et gazeux, et d'un autre corps élémentaire, sont séparés en oxygène qui se dégage, et en un autre corps qui reste s'il est solide ou qui se volatise s'il est aussi à l'état gazeux ; d'autres exemples nous sont fournis par l'impression de la lumière sur quelques corps de nature métallique, en séparant encore l'oxygène du métal qui reste empreint d'une coloration particulière, selon l'intensité des rayons qui l'ont frappé. Qui aujourd'hui ne sait que le daguerréotype n'a pour principe que la modification que la lumière fait éprouver aux sels d'argent ? — L'énergie avec laquelle la lumière exerce son action dépend, non-seulement de la nature des corps, mais aussi de la manière dont ils la reçoivent, car il existe une très grande différence entre l'action de la lumière *diffuse*, comme l'est celle des nuées ou celle que l'on reçoit dans un appartement, et celle des rayons directs du soleil. Quelquefois même l'action de cette dernière se manifeste d'une manière si brusque,

qu'il est nécessaire de s'entourer de toutes les précautions possibles pour éviter les accidens causés par une détonation à laquelle peut donner lieu le changement subit d'état des corps ; c'est ainsi qu'en exposant avec la rapidité de l'éclair, aux rayons du soleil un mélange à volumes égaux de chlore et d'hydrogène, ils s'unissent si instantanément, que le vase qui les contient est brisé en mille pièces. Plus souvent les rayons solaires accomplissent des réactions entre certains corps, que nulle autre force n'a pu fournir aux expérimentateurs les plus habiles. Outre ces actions de transformation qu'elle exerce sur les corps, la lumière est presque devenue aujourd'hui une méthode analytique entre les mains de quelques physiciens et chimistes habiles. M. Biot, surtout, a mis à profit, à l'aide d'un appareil fort simple, les modifications que peut recevoir un faisceau de lumière *polarisée*, en traversant un prisme d'une substance bi-réfringente, pour distinguer des différences dans l'arrangement moléculaire de corps où l'analyse chimique n'indiquait aucune dissemblance. Quoique cet appareil ait acquis aujourd'hui une haute importance, je ne pourrais, sans sortir du cadre de généralités que

je me suis imposé, entrer dans les détails minutieux qu'il exige, et qui sont plutôt du domaine de la physique que de celui de la chimie. On trouvera du reste tous les renseignemens nécessaires donnés par M. Biot lui-même, dans le tome 74e des *Annales de Physique et de Chimie*, page 401.

De l'ensemble de ces considérations, il résulte évidemment que la lumière exerce sur les corps des actions analogues à celles que leur fait subir la chaleur, et que les explications admises pour interpréter tous les phénomènes que produit celle-ci sont applicables par la même raison à celle-là.

De l'électricité.

De même que la chaleur et la lumière existent dans tous les corps, de même aussi ils contiennent tous cette autre force que l'on nomme *électricité*. Elle fait ainsi partie constituante de tous les êtres de la nature, mais d'une manière cachée, *latente;* il lui faut des conditions toutes spéciales pour être développée et manifester sa présence. Ainsi, un corps à l'état de repos ou d'équilibre moléculaire parfait contient la *force électrique* qui agit sur lui dans le rapport mutuel de toutes les forces de la nature qui en maintiennent la constitution ; mais si l'on vient à rompre cet équilibre par une cause quelconque, telle que par le *mouvement*, le choc, le contact, le changement d'état et de température, etc., l'électricité apparaît avec tous ses caractères et se manifeste surtout par des propriétés attractives et répulsives. En effet, que par l'une de ces causes on déve-

loppe dans un corps de l'électricité, soit par exemple en frottant un bâton de résine ou une baguette de verre, ce corps acquiert la propriété d'attirer à lui les corps légers; mais avec cette particularité qu'aussitôt touché, le corps attiré sera repoussé par le même bâton de résine ou de verre qui l'aura primitivement attiré. Mais si, après avoir touché le corps léger alors attiré par le bâton de résine, on vient lui présenter le bâton de verre électrisé de même par frottement, le corps léger au lieu d'être repoussé sera de même attiré. De là nécessairement il faut reconnaître deux manières d'agir propres à cette force, puisque l'électricité développée dans un corps en attire d'autres qu'elle repousse dès qu'il y a eu communication entre eux; tandis qu'au contraire un corps électrisé par sa communication avec un premier corps sera attiré par un corps d'une autre nature placé dans les mêmes conditions, ce qui fit naître de suite dans cette force une distinction telle, qu'on désigne chacune de ces propriétés par le nom du corps qui la développe le plus abondamment, c'est-à-dire que l'on donna le nom d'électricité *vitrée* à celle que produit le verre et

le nom de *résineuse* à celle que porte la résine, noms que l'on changea pour devenir plus généraux, en ceux d'électricité positive, pour celle dont les caractères la rapprochent de celle que dégage le verre, et d'électricité négative pour celle dont les propriétés sont les mêmes que celle produite par la résine. On les désigne encore l'une par le signe +, et l'autre par le signe —.

Ne faut-il pas d'après cela se demander si vraiment il y a encore dans la nature deux sortes de forces électriques ou si une seule en se modifiant selon l'espèce des corps qui la dégagent, ne peut pas répondre à toutes les exigences de la science? Dès-lors, pourquoi créer une multitude de forces variées et trop variables dans les caractères qu'on leur attribue? Les faits ne le contestent-ils pas? Un seul, parmi un nombre infini d'autres, viendra confirmer cette opinion de simplification. Ainsi, lorsqu'on frotte un morceau de verre poli, il dégage de l'électricité positive, mais qui devient négative si le verre au lieu d'être poli présente une surface rugueuse : ces caractères de positive ou de négative qu'affecte l'électricité ne sont donc alors que relatifs. L'électricité, de même que la chaleur,

possède la faculté de se propager d'un corps à un autre, avec une rapidité extrême, et d'autant plus facilement que le corps la communique mieux, car tous n'ont pas cette propriété au même degré; il en est qui, même une fois chargés d'électricité, la conservent pendant quelque temps; de là conséquemment les noms de *conducteurs* ou de *non-conducteurs*, dont on qualifie les corps selon la faculté qu'ils ont ou qu'ils n'ont pas de transmettre cette force; les métaux sont de tous les corps les meilleurs conducteurs, tandis que le soufre, la suie, le verre, la résine, ne la conduisent pas du tout. Il faut encore ajouter que les corps anguleux ou pointus s'emparent de l'électricité dégagée par une source quelconque, avec plus de facilité que tous les autres, c'est ce qui fait que les paratonnerres sont formés par une flèche de métal fort aiguë.

En raison de cette manière d'agir différente de l'électricité, quoiqu'en ne lui reconnaissant qu'une même origine, il convient de désigner son mode d'action par les *noms* que l'usage a consacrés, et que j'ai désignés plus haut, c'est-à-dire sous la dénomination d'électricité positive ou négative; il y

a donc antagonisme entre deux corps électrisés de la même manière, et au contraire attraction lorsque l'électricité qu'ils possèdent est de nature diverse, ce qui fait dire que des électricités de même *nom* se repoussent, tandis que des électricités de *noms contraires* s'attirent. Il en résulte qu'aussitôt que deux corps électrisés différemment se touchent, les électricités sont transmises d'un corps à l'autre et que cette force comme les précédentes tend à se mettre en équilibre dans les deux à-la-fois. Cette communication au lieu de s'effectuer d'une manière insensible, a lieu tout-à-coup et d'autant plus brusquement, que les corps que l'on rapproche sont plus fortement électrisés. En présence de ces faits, il sera facile de concevoir que chaque corps de la nature possédant une électricité particulière en raison de sa forme, de sa structure, en un mot de son état, si l'on vient à développer cette force dans les élémens d'un composé binaire et au contact d'un appareil qui produise les deux espèces d'électricités, chacun de ces corps obéit à l'électricité opposée à celle qu'il possède, et le composé est partagé en ses deux élémens : c'est ainsi qu'agit l'action d'un courant

voltaïque. Dans une pile, l'électricité est développée par le contact de deux corps hétérogènes qui sont le plus souvent deux métaux et particulièrement le zinc et le cuivre. Si alors par deux fils de métal qui deviennent les conducteurs, on dirige sur le composé binaire chacune des électricités, il arrive que par l'ébranlement que ce corps éprouve dans sa structure, des deux élémens qui le formaient, l'un se porte sur le conducteur positif, et l'autre sur le conducteur négatif ; il en est ainsi parce que évidemment la propriété électrique ne possédant que deux manières d'agir, les deux élémens du corps qui varient nécessairement entre eux ne peuvent pas posséder la même électricité : il faut donc alors qu'elle diffère et qu'ils obéissent à la force qui les sollicite. Dès-lors on s'expliquera que l'électricité par une action suffisamment soutenue puisse dissocier les corps en les fractionnant en corps d'une composition de plus en plus simple, jusqu'à ce qu'ils arrivent à l'état d'élémens. C'est ce qui a lieu lorsque l'on soumet un sel à l'action de la pile (un sel est le résultat de l'union d'un acide, composé binaire, avec un oxyde, autre composé binaire). L'acide

est d'abord séparé de l'oxyde, l'un va au pôle positif, tandis que l'autre se rend au pôle négatif. Alors, si l'on prolonge davantage l'action, l'acide et l'oxyde peuvent être réduits l'un et l'autre de même en leurs élémens.

Une série d'étincelles électriques peut souvent effectuer des décompositions analogues ; mais de plus si l'électricité peut détruire de cette manière les corps composés, l'action d'un courant voltaïque peut encore faire éprouver aux corps des modifications spéciales ; ainsi le fer acquiert la propriété *magnétique*. La composition des corps organisés ou même minéraux peut être changée, sous cette influence, par l'ébranlement moléculaire qu'ils subissent ; enfin la réunion des deux électricités sur un corps peut en porter la température à ce point, qu'il entre en fusion, fût-il même très réfractaire, en s'unissant le plus souvent avec l'un des principes de l'air, l'*oxygène*.

Mais si l'électricité peut défaire des composés en isolant les élémens par la force attractive qu'elle développe dans leurs molécules, elle peut encore et inversement comme la chaleur les prédisposer à la réunion, et constituer ainsi de nou-

veaux êtres avec des élémens qu'elle peut avoir primitivement séparés. Quoique ces faits paraissent contradictoires, ils reçoivent cependant les mêmes explications que leurs analogues produits par la chaleur; car lorsque deux élémens, par exemple, sont unis par une *cohésion* que limite un certain degré de température, il est évident que ces corps, qui n'ont été unis qu'en détruisant par la chaleur l'attraction moléculaire qui leur était propre, pourront, si la sphère d'activité de cette nouvelle attraction est encore anéantie par une assez forte accumulation de chaleur, devenir de nouveau libres, et de cette manière le composé, formé d'abord par l'action de la chaleur à un certain degré, pourra être détruit par cette même chaleur portée à un degré plus élevé. Il en est ainsi de l'électricité, lorsqu'on fait passer une étincelle électrique du milieu d'un mélange de corps gazeux, soit que tout-à-coup ces gaz, portés dans l'une de leurs parties à la température rouge, propagent l'incandescence dans toute la masse, soit qu'entre leurs molécules on développe des électricités opposées, les gaz s'unissent et donnent un composé spécial. Mais si au lieu d'agir ainsi avec la rapi-

dité de l'éclair, on accumule sur ce nouveau corps une assez forte proportion d'électricité par l'action d'un courant long-temps prolongé ou par une suite d'étincelles, pour que cette électricité élève la température au-delà du point nécessaire à la réunion des élémens, ou fasse naître pour chaque molécule une sphère d'attraction assez considérable pour que chaque *espèce* d'électricité soit attirée par le fil conducteur de la source de l'électricité du nom opposé, il y a comme précédemment désunion du composé. L'électricité, disons-nous peut donc faire et défaire les corps composés comme la chaleur et la lumière.

Le rôle de l'électricité dans toutes les particularités que nous offrent les corps de la nature pris isolément ou dans leur ensemble, est donc un des plus importans que la chimie ait à considérer tant sous le rapport des théories qu'elle permet d'établir, que sous le point de vue des explications ; on ne peut que désirer de voir diminuer les premières et que s'accroître les secondes. Rien n'est aussi facile que d'interpréter un fait que l'on ne sait expliquer qu'en le mettant sur le compte de l'électricité ; mais comme celle-ci ne fait rien qui ne

puisse être démontré par l'expérience, il est donc à souhaiter vivement que l'esprit ne se laisse pas gagner par une spéculation trop facile, avant que de l'appuyer sur des phénomènes ou sur des faits que l'on doit s'efforcer de reproduire. Ces dernières années, au contraire, viennent témoigner du parti que l'on peut tirer de l'emploi d'une force répandue en si grande abondance à la surface du sol, et dans tous les êtres. La *galvanoplastie*, la nouvelle dorure, l'emploi de l'électricité comme force motrice, etc. Tout cela nous paraît tenir du prodige lorsque l'on ne considère la chose que de loin ; mais si l'on se reporte à des faits analogues qui se passent depuis des siècles entre les mains des chimistes, on sera convaincu que comme l'astrologue, on veut lire au-dessus de sa tête avant de considérer ce qui est à ses pieds. Cette voie est une des plus fécondes que l'on puisse étudier, et qui n'a fait qu'une bien petite partie du chemin qu'elle doit parcourir ; car quels phénomènes ne pouvons-nous concevoir lorsque l'électricité sera appliquée à la séparation des élémens du règne organisé, lorsque l'on pourra apprécier facilement la nature et la direction des

divers courans qui parcourent la terre et qui incessamment en contact avec tous les êtres vivans, doivent assurément avoir sur leur organisation une influence marquée, etc., etc. Il eût été sans doute nécessaire de poser ici les principes du développement de la propagation et de l'appréciation de la force électrique ; mais tout cela nécessite des études spéciales et des ouvrages particuliers : il eût donc été déplacé de renfermer dans un espace aussi restreint que celui-ci le résumé des travaux compris parmi les plus importans de notre époque, et des ouvrages des hommes les plus capables auxquels il est indispensable d'avoir recours.

Je n'ai voulu établir dans ce chapitre que l'énoncé général de la manière dont on doit comprendre la source de l'électricité et l'ensemble du rôle qu'elle remplit dans les réactions principales de la chimie. Du reste, un peu plus loin, je reviendrai sur cette matière à propos des théories générales des phénomènes chimiques, parmi lesquelles figure la théorie électro-chimique.

De la dissolution.

Jusqu'ici, sous le nom de dissolution, on comprenait indistinctement toute action par laquelle un corps solide, placé dans un liquide, y disparaissait sans en altérer la transparence; que par cette fusion de deux corps souvent fort étrangers l'un à l'autre, ils aient pris, isolément même, des caractères tout nouveaux en changeant de nature, on mettait le phénomène sur le compte de l'affinité, et tout rentrait dans la catégorie des choses expliquées. Cependant il est facile de distinguer de suite, par la plus légère observation, la différence qui existe entre la disparition d'un corps solide, quand il est attaqué par le liquide et que celui-ci a complétement changé de nature, ou bien lorsque celui-là n'est que divisé au point de n'être plus aperçu dans le liquide, et que tous les deux, solide et liquide, peuvent être séparés l'un de l'autre sans avoir subi d'altération dans leurs propriétés ni dans leur masse. Cette distinc-

tion peut donc aisément être établie, d'autant que ce phénomène ne peut avoir lieu que pour le jeu particulier des forces naturelles, n'ayant pour tout résultat qu'une division mécanique si parfaite du corps solide, dans toute la masse du liquide, que ce premier prend lui-même l'aspect du second, sans qu'aucune de ses parties puisse y être sensible. Ce qui caractérise surtout cette action, c'est qu'elle ne porte atteinte à aucune des propriétés des corps mis en action : et qu'après comme avant on peut les retrouver tous deux sans avoir subi d'altération. Le sucre, le sel, qui fondent dans l'eau, en sont des exemples familiers à tout le monde. Lorsque l'on met un morceau de sucre dans un verre d'eau, ne le voit-on pas peu-à-peu disparaître sans troubler la transparence de l'eau : ces deux substances sont alors mêlées dans un état de division tel qu'il est impossible d'en distinguer isolément les propriétés. Mais que l'on chauffe ce verre d'eau, bientôt tout le liquide est transformé en vapeur, qu'il serait facile de ramener à l'état liquide en la condensant et le sucre reste entièrement au fond du vase tel qu'on l'avait mis. Il n'y a donc dans l'action de

cette force particulière aucune ressemblance avec le phénomène qui, en associant des élémens différens, constitue des corps nouveaux ; dès-lors, ne rentrant pas dans la même classe, on l'en distingue par le nom de force de *dissolution*.

Cette force spéciale a aussi ses conditions particulières que voici : un corps est d'autant plus facilement dissous par un liquide, qu'ils ont tous deux plus de propriétés semblables, ou qu'ils renferment le plus d'élémens de même nature. D'après cela l'alcool, qui contient beaucoup de l'élément hydrogène, beaucoup de l'élément carbone et peu d'oxygène, doit pouvoir dissoudre les corps résineux chez lesquels ces élémens sont à-peu-près distribués de même : c'est ce qui a lieu, en effet. Le sucre, au contraire, contenant plus d'oxygène que l'alcool, ne doit être que difficilement dissous par ce dernier, tandis que si on lui ajoute de l'eau, qui contient à son tour beaucoup d'oxygène, il se dissoudra promptement dans l'alcool ainsi dilué, parce que leur composition se rapprochera d'autant plus. Il y a ainsi, entre cette manière d'agir de la dissolution et le phénomène de l'affinité, une opposition constante,

car l'attraction est d'autant plus considérable entre deux corps qui s'unissent par affinité, qu'ils sont plus dissemblables, au lieu que la dissolution s'exerce avec une facilité qui croît avec la similitude des propriétés et de la composition. Ainsi chaque corps choisit par sa nature propre pour ainsi dire son dissolvant, qui doit varier de même avec la nature de chaque corps à dissoudre. Toutefois, la faculté dissolvante d'un liquide est considérablement augmentée, le plus généralement, par l'action de la chaleur. Car on voit souvent des liquides chargés de corps solides qu'ils ont dissous, être parfaitement limpides tant qu'ils sont chauds, qui laissent déposer la majeure partie de la substance par le refroidissement.

On se sert de cette propriété le plus communément pour faire cristalliser des solides plus solubles à chaud qu'à froid.

La *cristallisation* n'étant, en effet, produite que par l'arrangement symétrique des molécules, qui, libres d'abord, obéissent ensuite à leur force attractive propre à mesure que le pouvoir de l'agent qui les tenait écartées disparaît, et prennent

peu-à-peu les formes géométriques qui leur sont propres. Dès-lors, pour obtenir une substance cristallisée, il faut, en général, que sa *cohésion* soit vaincue, ou par l'action de la chaleur seule, ou bien en la réunissant à la force dissolvante d'un liquide. En éloignant ensuite cette puissance de désunion, soit par le refroidissement gradué du corps, soit par l'évaporation successive du liquide, ou même par les deux réunis, on permet aux molécules d'obéir à la force qui les sollicite, et l'on obtient des cristaux. On emploie également la dissolution d'un corps pour le purifier de substances étrangères que la cristallisation élimine de l'intérieur des nouveaux corps solides.

Outre ces observations, il en est d'autres que l'expérience a données et qui rentrent dans la pratique des opérations. Ainsi la disparition du solide dans le liquide n'étant qu'un acte de division mécanique, cette force est limitée par la nature des deux corps agissans. Cependant un liquide dissout d'autant plus facilement un solide, que celui-ci est déjà mieux divisé : une poudre est plus promptement dissoute qu'un morceau compacte du même corps, et la dissolution s'en

opère avec une facilité qui augmente en raison de la multiplicité du contact des surfaces : donc toute action qui, d'une manière quelconque, multiplie ce contact, favorise la dissolution. Lorsqu'un liquide est chargé de toute la matière solide qu'il peut prendre, on dit qu'il en est *saturé*. Mais un liquide peut être saturé d'un corps particulier, sans pour cela avoir perdu la propriété de dissoudre d'autres corps de nature différente.

Ce fait est fort remarquable et peut souvent être mis en pratique avec profit. Il est même à considérer que souvent un liquide qui est saturé d'un corps solide peut en prendre une nouvelle quantité, après qu'on lui a fait dissoudre un autre corps d'espèce différente.

Non-seulement les liquides peuvent dissoudre les corps solides et liquides, mais encore ils peuvent s'emparer de corps gazeux ; toutefois cette dissolution varie avec une extrême facilité avec la température, car elle perd ordinairement tout son gaz par une légère chaleur ; ce qu'il est très facile de concevoir, en raison de la force répulsive qui existe entre les molécules de tous les corps gazeux.

CHAPITRE TROISIÈME.

Des lois qui président à l'union des corps. — De la nomenclature. — De la combinaison.

Jusqu'ici les considérations qui précèdent suffisent pour donner une juste idée de l'existence de la matière et de la production de tous les corps composés par un certain nombre d'autres qui en sont les élémens. Les modifications sans nombre que ces êtres subissent dès leur origine deviennent alors la conséquence des influences auxquelles ils sont soumis. Rien donc de plus simple et en même temps de plus beau, que cette création d'élémens indestructibles qui, par cette (espèce d'entendement que nous appelons attraction), forme tout l'univers dans ses variétés sans nombre, et semble cacher la volonté puissante qu'elle réunit, et en qui tout doit se confondre. Mais cependant, si l'on suit pas à pas chacune de ces métamorphoses des corps, chacun de ces dédoublemens des êtres les plus complexes, dont les élémens sont ramenés sans cesse, par la même force, à des composés de plus en plus simples,

l'esprit le moins observateur est de suite frappé de la constance sans bornes avec laquelle tous ces résultats, d'origines si variées et si différentes, se reproduisent et se multiplient : c'est que non-seulement il a fallu qu'une loi d'attraction portât tous les corps à s'unir entre eux, avec cette énergie et cette sorte de prédilection qui en fait tout le jeu, mais encore que *chacun* d'eux fût *mesuré, pesé* avec l'exactitude la plus rigoureuse, pour que toujours les mêmes corps, formés des mêmes élémens, et dans les mêmes proportions, possédassent les mêmes propriétés. Ainsi pour qu'un morceau de craie pris à Paris soit en tout semblable à un égal morceau de craie pris dans le lieu de la terre le plus éloigné, ou fait de toutes pièces dans le laboratoire du chimiste, ne faut-il pas autant de soins minutieux? Cependant ces observations si frappantes, qui n'avaient même pas échappé aux plus anciens observateurs, furent négligées, abandonnées presque, pour n'être reprises qu'à une époque encore bien près de nous, quoiqu'elles aient pu être reconnues de quelques génies, sans être interprétées dans toute leur valeur ; et si aujourd'hui on trouve étrange que

Linné ait pu dire *natura non facit saltus*, il faut bien se demander si le célèbre observateur est bien compris; car si l'on suit attentivement tous les êtres dans l'ensemble du monde, on voit, comme je l'ai déjà dit, que tous sont solidaires les uns des autres, et qu'il n'en est aucun, même celui qui semble le plus étranger aux autres, qui ne puisse retrouver la maille qui l'unit à cette chaîne immense. Nous seuls brusquons la nature, lorsque, surtout dans nos laboratoires, nous voulons faire de chaque corps un être à part, en ne lui assignant que des caractères purement individuels, qui ne se rattachent en rien au reste du monde. Les exemples en sont trop nombreux, et la discussion trop importante, pour que, plus loin, je ne cherche pas à l'aborder.

Ainsi, outre l'attraction qui porte les corps à s'unir entre eux, et qui les maintient sous leurs nouvelles formes, il existe une *autre loi immuable dans ses résultats*, enfin *mathématique*, qui règle la proportion de chacun de ceux qui entrent dans un composé quelconque; ou bien il vaudrait mieux dire que la *nature* des corps composés, leur *forme*, leur *espèce*, et *toutes*

leurs autres propriétés, sont déterminées par l'attraction qui, dans ce cas, limite à *des quantités pondérables fixes* les *masses différentes* des élémens qui s'unissent. Dès-lors ce fait n'est plus qu'une conséquence forcée de l'attraction universelle, qui agit sur les élémens d'un corps avec une énergie que bornent toutes les différentes propriétés de ce corps : ce n'est plus qu'un fragment du phénomène lui-même, pris dans son ensemble, mais qui devient plus facile à saisir, en le spécialisant et en le formulant en une loi qui revêt alors un caractère aussi rigoureux que le principe d'où elle dérive.

Déjà, vers le milieu du seizième siècle, on trouve, dans les nombreux travaux de Homberg, les premiers traits de lumière qui plus tard ont éclairé si puissamment cette importante question : on le voit cherchant à s'expliquer, ce qui donne aux acides la force particulière de dissoudre des quantités d'*alcalis* qui diffèrent selon l'espèce. Il va plus loin : il dresse même des tables des proportions différentes d'acides volatils qui s'unissent avec une dose constante de ces autres corps, les alcalis, et arrive enfin à dire « *que* la *quantité d'un*

acide que prend un alcali est la mesure de la force passive de cet alcali. » Désormais la route était tracée, et l'on vit successivement s'élever le chimiste allemand Wenzel, qui, partant de ces idées, posa pour toujours le principe de toutes les analyses, en démontrant que, dans les décompositions successives auxquelles on pouvait soumettre deux corps de nature particulière, les élémens se retrouvaient tout entiers dans les nouveaux produits résultant de leur réaction, qu'ainsi rien ne se perd, et rien ne se crée. Pour justifier ces assertions, Wenzel dut recourir nécessairement à l'emploi de la balance, et prouver par cette expérience seulement l'importante proposition qu'il avançait. A lui tout l'honneur d'avoir su poser ces principes immuables de l'analyse, et d'avoir ainsi démontré que la matière, toujours la même, se retrouvait sous de nouvelles formes par le seul jeu de forces naturelles, sans aucune déperdition. Enfin, quoique l'époque à laquelle Wenzel publia ses travaux ne fût préoccupée que des recherches de Lavoisier, de Schéele et de Priestley, la vérité s'était fait jour, et désormais il était prouvé que, sans la balance,

il ne pouvait et ne peut exister d'analyses qui puissent avoir quelque valeur. Les résultats furent aussi féconds qu'ils devaient l'être ; et depuis ce ne fut qu'à cette condition que la chimie put compter parmi les sciences exactes ; puis vinrent tous les travaux des chimistes successeurs de Wenzel, au premier rang desquels il faut placer Richter, Lavoisier, Proust, Berthollet, Vauquelin, et parmi tous les maîtres contemporains, Berzélius, Gay-Lussac, etc., qui, par ces discussions et ces travaux consciencieusement fondés et suivis, avec la foi que donne le savoir, nous permettent aujourd'hui de résumer en quelques mots la raison de l'existence et de l'ordre du monde.

Cette loi, aussi simple que belle, mesure par un poids exact l'attraction qui existe entre deux corps, et de ceux-là celle de tous les autres. En effet, tous les corps ne s'unissent entre eux qu'*en un nombre restreint de proportions*. Toutes expriment pour des conditions données les quantités respectives de chacun d'eux, nécessaires pour que leur affinité réciproque soit satisfaite. Ainsi, pour plus de précision, si l'on conçoit que l'*oxygène* (corps simple) puisse s'unir à l'*azote* (autre

corps simple), pour former un composé, ce que tout ce qui précède fait admettre facilement, on peut également bien concevoir que, selon certaines de ces influences énumérées déjà, telles que celle de la chaleur, de la prédisposition en un mot, de ces deux corps, leur affinité puisse être satisfaite; tous les corps en effet, s'unissent entre eux, mais dans des rapports qui varient pour chaque espèce, et qui sont rigoureusement prescrits par l'attraction réciproque qu'ils possèdent tous les uns pour les autres. Ce fait établi, il n'est rien de plus simple à comprendre : tel corps pris comme terme de comparaison pour mesurer, cette *affinité* prendra, pour arriver au même état d'équilibre de force, des quantités plus ou moins grandes des divers corps qui lui seront présentés. Ainsi, soit que l'on se serve du corps simple oxygène comme terme, et qu'on lui présente, dans des circonstances convenables, autant de chaque corps élémentaire que son attraction lui permettra d'en absorber, on verra que, pour arriver au même point d'anéantissement de ces forces attractives, le poids d'oxygène étant normal, les quantités de tous les autres corps, au contraire, dont il s'em-

parera, varieront pour chacun d'eux. Il en serait dans ce cas (si je puis me servir de cette comparaison), de ce qui arriverait à un individu qui, pour satisfaire son appétit, prendrait des quantités différentes d'alimens en raison de leur nature: son besoin serait également satisfait avec tous; mais il lui en faudrait de chaque plus ou moins, que l'on me pardonne cet exemple, quelque trivial qu'il puisse paraître; mais je m'en sers, parce qu'il caractérise très bien ma pensée. En appliquant maintenant cette idée générale à la pratique, l'expérience nous prouve qu'en prenant l'oxygène pour unité, 100 parties de ce corps, soit 100 grammes, exigeront 201,16 grammes de soufre, par exemple, pour qu'il y ait entre ces deux corps un équilibre de force parfait, c'est-à-dire pour que leur *affinité* ou *attraction* réciproque soit satisfaite; qu'au contraire, il faudra 339,21 gr. de fer, pour arriver au même point, toujours avec la même quantité d'oxygène; que ce sera 345,89 gr. de manganèse; enfin et en passant ainsi en revue tous les corps simples, on trouve le tableau suivant:

Tableau du poids des proportions nécessaires pour que les corps simples s'unissent entre eux,

Ou *Tableau du poids des équivalens des corps simples.*

MÉTALLOÏDES.

Azote	177,03	Hydrogène	12,48
Arsenic	470,12	Iode	1579,50
Bore	272,41	Phosphore	196,15
Brôme	978,30	Sélénium	494,58
Carbone	75,07	Silicium	277,31
Chlore	442,64	Soufre	201,16
Fluor	233,80	Tellure	801,74

MÉTAUX.

Aluminium	114,11	Mercure	2531,64
Antimoine	1612,90	Molybdène	598,52
Argent	1351,61	Nickel	369,67
Barium	856,93	Or	2486,02
Bismuth	886,92	Osmium	1244,48
Cadmium	696,77	Platine	1233,50
Calcium	256,03	Plomb	1294,50
Cérium	574,70	Potassium	489,92
Chrôme	351,82	Rhodium	651,38
Cobalt	368,99	Sodium	290,90
Colombium	1153,72	Strontium	547,28
Cuivre	791,39	Titane	303,66
Étain	735,29	Thorinium	744,90
Fer	339,21	Tungstène	1183,00
Glucinium	220,84	Urane	2711,36
Iridium	1233,50	Vanadium	856,84
Lithium	80,37	Yttrium	402,51
Magnésium	158,35	Zirconium	280,13
Manganèse	345,89	Zinc	403,23

Chacun de ces poids exprime donc la quantité qu'il aura fallu des divers élémens pour satisfaire à l'affinité existant entre eux et cette unité oxygène. Ainsi, soit que l'on prenne 442,64 parties

de chlore, ou bien 1294,50 de plomb, ou 489,92 de potassium, quel que soit celui de ces corps qui se trouve uni à l'oxygène, le résultat sera le même pour l'équilibre des forces attractives, l'affinité à ce point sera satisfaite indifféremment entre tous, seulement dans ces diverses proportions; tous pourront donc se remplacer réciproquement dans cette relation déterminée, et deviendront alors équivalens les uns des autres. Il n'y aura de différence entre les divers produits qui en résulteront que par la nature des élémens, mais il n'en existera aucune au point de vue dynamique. Aussi c'est en raison de cette valeur égale et réciproque que l'on a donné à tous ces poids des corps le nom d'*équivalens*.

Ainsi, l'équivalent d'un corps élémentaire exprimera la quantité de chaque corps en particulier qui sera nécessaire pour anéantir une force attractive déterminée. Comme dans cette mesure il a fallu un terme de comparaison, on a choisi l'oxygène, et l'on a dit : l'*équivalent d'un corps simple sera représenté par cette quantité du corps qui s'unira avec* 100 *parties d'oxygène ou l'unité*. Il suit de cette définition que les corps

composés ne résultant que de l'union des corps élémentaires dans ces proportions déterminées, la même relation existera évidemment entre eux, et que l'*équivalent d'un corps composé sera représenté par la somme de ses composans*. Car, si je dis que 201,16 de soufre peuvent déplacer 1294,50 de plomb ou leur équivaloir dans leur union avec l'oxygène, il est évident, puisque ces poids n'expriment que la mesure d'une force qui existe entre tous les corps, que les rapports de 201,16 de soufre et de 1294,50 de plomb seront positivement ceux dans lesquels il faudra placer ces deux corps pour qu'ils puissent fournir un composé correspondant mathématiquement à celui que les mêmes corps dans les mêmes proportions auraient formés avec l'oxygène.

L'esprit ne peut, je crois, éprouver aucune répugnance à accepter ces résultats en tant qu'ils sont offerts comme expression d'une loi. Mais on éprouverait des difficultés pour cette détermination des équivalens par les modifications qu'une autre loi, quoique très simple, vient y apporter, si par l'enchaînement de tous les phénomènes, ce qui dans une circonstance serait une exception

gênante, ne devenait le plus souvent le secours d'une démonstration. Cette loi, la voici :

Lorsque l'on considère les nombres qui expriment les équivalens des corps, ils ne témoignent que le fait qu'ils constatent, et chacun est déterminé en raison de la nature du corps qu'il représente. Il n'y a donc entre ces poids rien de particulier, rien qui les rapproche au point de vue d'une spéculation mathématique ; mais si à ce fait on ajoute que non-seulement l'union des corps est possible dans une proportion que limitent les forces attractives naturelles, mais encore que deux mêmes corps sont susceptibles de former divers produits, par une variation dans les proportions de l'un deux, on verra bientôt que lorsque ces deux corps sont unis par équivalens, et qu'ils forment entre eux une série de composés, chaque produit partiel ne différera du précédent que par un poids de l'un des deux qui variera à chaque fois d'une quantité qui sera un *multiple de la première*, *l'autre restant invariable ;* ainsi que l'on admette que 489,02 de potassium puissent s'unir en plusieurs rapports avec le soufre, on trouvera d'abord que le premier degré de ces composés

sera formé par un équivalent de soufre 201,16, et cette quantité de potassium qui lui est équivalent, puisque le second degré sera formé par le même poids de 489,92 de potassium, qui sera invariable, tandis que celui du soufre sera deux fois l'équivalent primitif, c'est-à-dire de 402,32 pour le second composé, et de trois fois pour le troisième, et ainsi de suite. Un autre exemple frappant mettra, je l'espère, cette loi dans tout son jour : il est donné par l'union de l'oxygène avec l'azote qui peuvent former une série de cinq composés divers, nombre que dépassent fort peu souvent les actions chimiques : ainsi, un équivalent d'azote en s'unissant avec plusieurs équivalens d'oxygène, donne successivement :

Un équivalent azote	= 177,03 + 100	d'oxygène,	1 équivalent.
Id.	= 177,03 + 200	—	2 équivalens.
Id.	= 177,03 + 300	—	3 équivalens.
Id.	= 177,03 + 400	—	4 équivalens.
Id.	= 177,03 + 500	—	5 équivalens.

Tous composés qui diffèrent essentiellement entre eux. Ce qu'il y a surtout de remarquable dans cette loi, qui porte le nom de *loi des proportions multiples*, c'est qu'entre chaque terme il

ne peut exister d'autre union que celle du corps qui précède, et que tout autre nombre arbitraire dépassant le premier terme mais n'atteignant pas le second, ne pourrait offrir de résultat. Il en est ici comme dans notre système de numération, tout nombre intermédiaire aux diverses espèces d'unités, à l'aide desquelles on compte comme par unités simples, telles que dizaines, centaines, etc., ne peut fournir évidemment que des unités simples, ou de celles de l'espèce qui précède.

On concevra maintenant que si un corps en s'unissant à l'oxygène peut fournir une série de composés divers, il pouvait être difficile d'apprécier par l'expérience directe à quel terme de la série il faudrait s'arrêter pour déterminer le poids exact de l'équivalent de ce corps. Car pour un plus grand nombre, l'union directe de 100 parties d'oxygène peut avoir lieu avec facilité, tandis qu'il en est d'autres chez lesquels un produit dans ces rapports n'est même pas encore connu. Mais comme cette détermination est une loi naturelle, et qu'une loi de la nature est une vérité, les corps composés en s'unissant entre eux sont venus fournir des moyens de soulever toute

hésitation et tout obstacle; nous verrons plus loin qu'il existe d'autres faits qui précisent cette loi, car ils n'en sont que les corollaires (Voyez *Constitution des sels*). J'ai tenu ici à établir les bases sur lesquelles s'appuie l'origine des corps composés, afin de faire apprécier, dans toute sa valeur, la nomenclature chimique et l'esprit qui en a dirigé la création.

Plus loin encore je reviendrai sur l'utilité de la loi des équivalens et de celle des proportions multiples par quelques exemples.

J'ajouterai cependant que, par une convention fort heureuse, on est parvenu à éviter dans l'énoncé de la composition des corps les embarras qui auraient pu résulter de l'emploi des chiffres dans des nombres fort complexes, lorsqu'il s'agit de corps composés de plusieurs élémens, et en proportions multipliées. L'abréviation consiste à désigner l'équivalent simple de chaque corps par la lettre initiale de son nom, à laquelle on joint une lettre suivante lorsque les corps commencent de même. Ainsi S voudra dire un équivalent de soufre ou 201, 16 en poids de ce corps; Pb, un équivalent de plomb à 1294,50. Le tableau suivant don-

nera du reste chaque signe tel qu'il est admis par les chimistes.

Aluminium. . Al.
Antimoine . . Sb (de stibium).
Argent . . . . Ag.
Arsenic. . . . As.
Azote. . . Az ou N (de nitrogène).
Barium . . . . Ba.
Bismuth. . . . Bi.
Bore. . . . . . B.
Brôme. . . . . Br.
Cadmium. . . Cd.
Calcium. . . . Ca.
Carbone. . . . C.
Cérium . . . . Ce.
Chlore. . . . . Cl ou Ch.
Chrôme. . . . Cr.
Cobalt. . . . . Co.
Colombium. . Ta (de Tantale).
Cuivre . . . . Cu.
Étain . . . . . Sn (de stanuum).
Fer. . . . . . . Fe.
Fluor . . . . . Fl.
Glucinium . . G.
Hydrogène. . H.
Iode. . . . . . I.
Iridium. . . . Ir.
Lanthane. . . La.
Lithium. . . . Li.
Magnésium. . Ma.
Magnésium . . Mn.
Mercure. . Hg. (de hydrargyrum).
Molybdène . . Mo.
Nickel . . . . . Ni.
Or. . . . . Au.
Osmium . . . . Os.
Oxygène. . . . O.
Palladium . . . Pa.
Phosphore. . . Ph.
Platine . . . . . Pt.
Plomb . . . . . Pb.
Potassium . . . K. (de kalium).
Rhodium. . . . Rh.
Sélénium . . . Se.
Silicium . . . . Si.
Sodium. . . . . Na (de natrum).
Soufre . . . . . S.
Strontium . . . Sr.
Tellure. . . . . Te.
Thorinium. . . Th.
Titane . . . . . Ti.
Tungstène. Tu ou W (de Wolfram).
Uranium. . . . U.
Vanadium. . . V.
Yttrium. . . . . Y.
Zinc. . . . . . . Zn.
Zirconium. . . Zr.

Chacun de ces signes représentant exactement le poids équivalent des corps élémentaires, rien n'est plus simple, à leur aide, que d'exprimer la constitution des corps composés. Soit ainsi que l'on veuille indiquer un produit donné par l'union du soufre et du cuivre, il suffira de mettre S Cu,

ce qui vaudra dire que ce corps contient 201,16 de soufre, plus 791,39 de cuivre, puisque chaque signe indique le poids de l'équivalent du corps.

Mais comme fort souvent le même équivalent d'un corps peut être répété dans un composé, il est évident que, pour réaliser cette expression, il suffira de noter les signes autant de fois qu'il le faudra pour conserver la relation qui existera entre les divers élémens. Ainsi, pour désigner un composé de deux équivalens de soufre et d'un de cuivre, on pourrait mettre $S Cu + S$; mais si ces répétitions de mêmes signes devaient être nombreuses, il en résulterait une longueur de formule qui deviendrait nuisible à la prompte intelligence du fait, et qui serait presque aussi longue à traduire que si l'on employait les chiffres réels des équivalens. Pour obvier à ces inconvéniens, on emploie un chiffre placé en exposant à la droite du chiffre dont il représente la valeur ; dès-lors, au lieu de mettre pour exprimer le composé de deux équivalens de soufre et d'un de cuivre, $S Cu + S$, on mettra tout simplement $S^2 Cu$. Ainsi cet exposant ne fait que multiplier le nombre de fois qu'il indique, le corps près duquel il est placé.

Il ne faut donc pas confondre sa signification avec celle qu'il pourrait avoir en algèbre.

De même lorsqu'un corps composé doit être compté plusieurs fois, au lieu d'en répéter la formule tout entière, on en fait précéder le premier symbole par un chiffre placé en coëfficient qui multiplie, selon sa valeur, tous les signes de la formule et tous les exposans. Soit que l'on veuille prendre trois fois le composé $S^2 Cu$, au lieu de mettre $S^2 Cu + S^2 Cu + S^2 Cu$, on écrira simplement $3S^2 Cu$, ce qui revient à dire $S^6 Cu^3$, puisque 3 fois $S^2 = S^6$, et 3 fois $Cu = Cu^3$. Seulement il faut bien observer que cette multiplication du coëfficient s'arrête et doit s'arrêter après un signe quelconque, soit une virgule, un point, ou les expressions $+$, $=$, $-$ ou $\times$, qui ont la même signification qu'en mathématique, c'est-à-dire *plus*, *égale*, *moins* ou *multiplié par*. Le plus souvent même pour éviter toute confusion dans une formule un peu longue, on place entre parenthèses les corps qui doivent être répétés plusieurs fois par le coëfficient. Bien que je ne veuille en aucune manière retracer ici des méthodes particulières qui ont été proposées par les chimistes, soit comme re-

présentant mieux leurs idées, soit comme offrant selon eux une simplification de cette convention primitive et toute française, je ne peux m'empêcher cependant de signaler deux abréviations souvent employées maintenant, et qui ont été créées par M. Berzélius, elles consistent à représenter chaque équivalent d'oxygène par un point placé au-dessus de la lettre indiquant le corps avec lequel il est uni. Ainsi, pour traduire que l'oxygène peut s'unir avec un, deux ou trois équivalens de manganèse, on mettra :

$\dot{M}n$ pour $Mn\,O$.
$\ddot{M}n$ pour $Mn\,O^2$.
$\dddot{M}n$ pour $Mn\,O^3$.

et si par hasard deux équivalens d'un même corps sont unis à l'oxygène, pour les indiquer M. Berzélius barre d'un trait la lettre en travers.

$\dddot{\not{F}}e$ veut dire $Fe^2\,O^3$.
$\dddot{\not{C}}r$ veut dire $Cr^2\,O^3$.

Ces formules étant très simples dans leur nature, et l'arrangement des lettres pouvant se faire selon les idées qu'elles traduisent, chaque auteur peut, selon son gré, en changer l'arrangement,

pourvu qu'il n'altère en rien le rapport numérique. c'est un jeu que l'expression d'une loi laisse à l'amour-propre, mais dont il ne faut abuser en aucune manière. En voici un exemple, le corps composé, nommé *acide sulfurique hydraté*, est formé de trois équivalens d'oxygène, d'un de soufre, et d'un équivalent d'eau représenté par un équivalent d'oxygène et un d'hydrogène ; sa formule serait donc SO^3+HO ; eh bien ! quelques chimistes disent que ce n'est pas cela, que les quatre équivalens d'oxygène sont unis à celui du soufre, et que celui de l'hydrogène est seul : que par conséquent la formule doit être SO^4,H ; un autre, au contraire, écrira cette formule par SO^2,O,HO comme plus conforme à ses idées. On voit, par ces exemples, que l'arrangement des signes n'est qu'une petite satisfaction que chaque auteur donne à ses hypothèses, soit qu'elle s'accorde plus ou moins avec les idées le plus généralement reçues.

En raison de tout ce qui précède, tout corps composé qui résultera de l'union de divers élémens, contractée exclusivement sous l'empire de ces diverses lois, prendra le nom de combinaison.

Il est facile, dès-lors, d'apprécier la différence qui existe entre le mélange arbitraire de plusieurs corps et le produit de leur combinaison ; quelques phénomènes particuliers viennent encore aider cette distinction. Ainsi, pendant une *combinaison*, la température des corps varie beaucoup ; le plus souvent il y a dégagement de chaleur, le volume change aussi, et il y a tantôt augmentation ou diminution de volume, produit par la réunion des composans ; par cette raison, la densité du nouveau produit n'exprimera pas la somme des densités des composans.

De la nomenclature.

Avant qu'une étude sérieuse et systématique ne présidât aux travaux des chimistes, chacun était libre de donner à tel ou tel corps le nom qui lui semblait le plus propre à retracer soit son origine, soit ses caractères physiques. De là naquit naturellement une multiplicité de dénominations toutes plus singulières les unes que les autres, et en même temps l'inconvénient plus grave de désigner la même chose par plusieurs noms, selon que le corps était découvert par un ou plusieurs chimistes. C'est ainsi que furent créés les noms de *lune cornée*, *de beurre d'antimoine*, *d'huile de vitriol*, *et enfin de lana philosophica*, *de pompholix*, *de nihil album*, qui, tous les trois voulaient désigner l'oxyde de zinc, etc.

Que l'on se représente maintenant le nombre presque infini des corps dont est composé le monde, et l'on pourra se faire une juste idée de la confu-

sion et du chaos qui devaient exister dans ces travaux non encore *appuyés sur des bases positives*. Une nomenclature rationnelle, et tout à-la-fois systématique, est en effet une chose fort difficile à créer et à établir sur de solides bases, mais qui une fois faite, devient par cela même beaucoup moins difficile à retenir que ne se le figurent la majeure partie de ceux qui commencent l'étude de la chimie. Comme *dans l'étude des sciences physiques, les idées où les sensations ne peuvent être que la conséquence de l'expérience et de l'observation*, à mesure que la science fit des progrès, les embarras du langage devinrent plus grands, ayant chaque jour de nouveaux faits à enregistrer. Ce ne fut qu'à cette époque que Macquer et Baumé cherchèrent les premiers à modifier ce langage barbare, en rangeant déjà dans une même classe tous les corps qui participaient du même principe. Leurs efforts furent utiles, mais leurs travaux sur ce point n'eurent rien de remarquable; cependant ils ont la gloire d'avoir, les premiers, travaillé à cette œuvre, et d'y avoir engagé dans la route Bergman, Bucquet et Fourcroy dont les travaux apportèrent d'utiles perfectionnemens.

Mais nul n'avait embrassé cette idée d'une manière aussi vaste et aussi philosophique que le fit Guyton de Morveau, en 1782, à propos de la rédaction de la partie chimique de l'Encyclopédie méthodique dont il était chargé. Profondément pénétré de l'importance de la tâche qu'il avait à remplir, « il crut (dit Lavoisier), qu'avant de se livrer à « l'entreprise dont il s'était chargé, il était né- « cessaire de pressentir les chimistes français, de « développer à leurs yeux les principes généraux « qui devaient lui servir de guide ; de leur pré- « senter des tableaux de la nomenclature métho- « dique qu'il se proposait d'adopter, et de leur « demander une sorte de consentement au moins « tacite. Son mémoire fut publié..., et il eut la « modestie de solliciter, non les suffrages, mais « les objections de tous ceux qui cultivaient la « chimie.

« Pour s'affermir dans sa marche (dit encore « Lavoisier), M. de Morveau a désiré s'appuyer « des conseils de quelques-uns des chimistes de « l'académie. *Il a offert le sacrifice de ses pro-* « *pres idées, de son propre travail*, et *l'amour* « *de la propriété littéraire a cédé*, *chez lui*, *à*

« *l'amour de la science.* Dans les conférences « qui se sont établies, nous avons cherché à nous « pénétrer tous du même esprit, nous avons ou- « blié ce qui avait été fait, ce que nous avions « fait nous-mêmes, pour ne voir que ce qu'il y « avait à faire ; et ce n'est qu'après avoir passé « plusieurs fois en revue toutes les parties de la « chimie, après avoir profondément médité sur la « métaphysique des langues, et sur le rapport « des idées avec les mots, que nous avons *hasardé* « de nous former un plan. »

Guyton de Morveau, avec ce désintéressement qui maintenant n'est plus que de l'histoire pour nous, sollicita ainsi de l'académie l'adjonction de quelques-uns de ses membres, qui furent Lavoisier, Berthollet et Fourcroy, et ce fut le 18 avril 1787, que cette quadruple association, par l'organe de Lavoisier, vint apporter aux chimistes les bases du langage philosophique, dont ils se sont exclusivement servis depuis. Mais il faut bien vite le reconnaître ; si ces hommes de génie ont créé un langage chimique rationnel, ce n'est qu'après les travaux de Wenzel et de Lavoisier ; ils ont cultivé le terrain qu'à grand'peine ces derniers

avaient éfriché; car sans principes point de corollaires, sans les lois de compositions des corps et sans la séparation de leurs élémens, une nomenclature vraie et systématique n'était pas possible.

Quoi qu'il en soit, et malgré les travaux des hommes illustres qui ont enrichi la chimie des faits les plus importans, cette nomenclature aujourd'hui est insuffisante et incorrecte en raison des progrès qu'a faits la chimie, car l'époque à laquelle nous sommes arrivés en la plaçant dans cette voie d'expériences et d'avancement, qui montre le fait d'hier comme une erreur d'aujourd'hui, ne permet pas de créer une nomenclature qui puisse à coup sûr servir quelques années. Outre cela, il y a trop peu d'unité entre les travailleurs, trop de systèmes particuliers qui se combattent et s'envient, et trop peu de sentiment de vraie philosophie dans tous les travaux, pour qu'à cette époque il puisse surgir une œuvre stable, même en corrigeant celle des vrais savans que j'ai cités plus haut, et en l'appropriant aux besoins du jour. Non ! chacun selon ses expériences et sa volonté, nomme comme il lui plaît le fait qu'il découvre, bâtissant son système sans plus

tenir compte de ce qui se fait ailleurs. Il n'en résulte que confusion et désaccord, que temps perdu et retard pour l'avancement de la science.

Telles sont les circonstances qui ont présidé à la création de la nomenclature, et en somme celles qui l'ont modifiée. Il est facile de comprendre maintenant l'ordre que j'ai suivi dans ce travail, car il importait avant de savoir le nom d'une espèce de corps, de savoir comment il était constitué, et quelles influences pouvaient en changer la nature, puisque le nom doit indiquer, autant que possible, sa composition. Je rapporterai donc ici les principes de la nomenclature Guytonienne, telle qu'elle existe aujourd'hui, me réservant de mettre en parallèle, quand il le faudra, les modifications qu'y a apportées M. Berzélius.

Lorsque l'on considère tous les êtres de la nature, il est facile tout d'abord de les partager en deux grandes classes : en êtres qui vivent et croissent au moyen d'une organisation spéciale, qui sont les animaux et les végétaux ; et en corps qui ne subissent que les influences directes des forces naturelles, sans témoigner d'organisation ni d'une vie particulière : ce sont les pierres, les

métaux, en un mot tous les minéraux. Il y a encore, cependant, cette distinction presque mécanique qui établit, entre ces deux groupes, une différence notable, c'est que les formes primitives des premiers sont toujours terminées par des lignes courbes, tandis que les formes des seconds sont exclusivement tracées par des lignes droites. De ces différences encore la classification de toute la création en deux règnes, dont le premier est appelé *règne organique*, et le second *règne inorganique.*

Tous ces corps, quels qu'ils soient, sont formés par ces autres corps qui, déjà, ont été énumérés sous le nom de *corps simples* ou élémentaires, chacun d'eux porte un nom particulier, qui a été conservé de l'ancien usage, ou qui nouvellement créé cherche à rappeler, soit un caractère physique ou une propriété chimique, ce qui est une faute grave, car aujourd'hui tel corps simple reçoit une dénomination comme générateur unique d'une classe de corps, qui demain devient inexacte, parce que l'on aura découvert une classe de corps semblables, dont cet élément ne fait pas partie. Il vaut mieux que ces noms soient insignificatifs, et

à quelques exceptions près les noms actuels sont assez bons; car il faut qu'ils soient courts, sonores, faciles à prononcer, et se prêtent bien à recevoir une terminaison; tels sont : le *bore*, le *brôme*, le *chlore*, le *cuivre*, le *fer*, etc.

Les corps simples ont été divisés en deux grandes catégories, à tort ou à raison, qui ont été désignées, la première sous le nom de corps *non métalliques*, ou de *métalloïdes*, et la seconde par celui de *métaux* proprement dits. Que l'on désigne des corps sous le nom de métaux, une fois la convention établie, cette dénomination entraînera avec elle l'idée des caractères du corps ainsi désigné, et tout le monde se comprendra; mais que l'on désigne un autre corps par la négation d'une propriété, d'un des caractères spéciaux sans leur en assigner de particuliers, c'est un non-sens incompréhensible; car dire qu'un corps n'est pas un métal, *corps non métallique*, ce n'est assurément pas dire ce qu'il est : cette dénomination est donc vicieuse, il faut la rejeter autant que possible, et conserver celle de *métalloïdes* à ces corps, quoiqu'elle ne vaille pas beaucoup mieux.

Les *métaux* sont distingués des autres corps,

parce que la plupart peuvent recevoir par le frottement un poli spécial, connu lui-même sous le nom d'éclat métallique : ils sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité, et peuvent seuls et exclusivement jusqu'ici, en s'unissant à l'oxygène, produire un composé connu sous le nom d'oxyde (*Voyez ce mot*), capable à son tour de s'unir avec une autre classe de corps nommés acides (*Voyez ce mot*).

Tandis que les métalloïdes ne peuvent pas recevoir le poli métallique, sont mauvais conducteurs de l'électricité et de la chaleur, et ne peuvent en aucun cas, jusqu'à présent, former d'oxydes pouvant s'unir aux acides.

Ces métalloïdes sont .

L'oxygène.
Le soufre,
Le sélénium.
Le tellure.
Le bore,
Le silicium,
Le carbone,
Le phosphore,
L'arsenic,
L'azote,
Le fluor ou phtore,
Le chlore,
Le brôme,
L'iode,
L'hydrogène.

Les autres corps forment tous alors les métaux.

Si les noms des corps simples peuvent être donnés arbitrairement, il n'en est plus ainsi des corps composés, l'idée primitive des fondateurs

de la nomenclature a été de former les noms de ces corps, de manière qu'ils en indiquassent, autant que possible, 1° le nom des élémens qui les constituent; 2° les proportions par lesquels ils sont formés; 3° leurs principales propriétés chimiques.

La dénomination générale des corps composés repose sur un fait, qui depuis est devenu une convention générale, en le dépouillant toutefois de tout ce qu'il peut entraîner après lui d'idées théoriques particulières. Ce fait est fourni par l'action qu'exerce la pile sur tous les córps composés, qu'ils soient seulement formés de deux élémens ou de plusieurs; dans tous les cas, on suppose toujours que, par l'action de l'électricité, l'un des composans de ce corps possédera l'électricité négative, tandis que le reste aura l'électricité positive; dès-lors dans l'énonciation d'un composé chimique, on est convenu de nommer, le premier, le corps qui se rendra au pôle positif de la pile, c'est-à-dire qui sera électro-négatif. Cette distinction était importante, car autrement il eût été presque impossible de s'entendre; un chimiste plaçant, le premier, le nom d'un corps,

qu'un autre aurait mis le dernier, il en résultait inévitablement une confusion avec laquelle aucun langage scientifique n'était possible.

Quoique les auteurs de la nomenclature chimique aient accordé à certains corps des dénominations trop spécieuses, sur lesquels l'état actuel de la science réclame une révision générale, je ne peux cependant en aborder la discussion, et je dois rapporter exactement toutes les classifications, qui ont été adoptées avec les caractères exclusifs qui leur ont été assignés primitivement.

D'après cela, l'examen des corps composés a conduit à établir entre eux des divisions principales, dont on a fait des genres qui portent avec eux des caractères distinctifs, en rapport avec les réactions qu'ils offrent le plus généralement.

L'oxygène, qui est un des corps le plus répandus dans la nature, a servi de base lors de la fondation de la nomenclature, par suite évidemment de la révolution qu'apporta sa découverte à cette époque. Quoique trop exclusif dans ses spécifications dans l'état actuel de la science, ce système ne pourrait cependant pas encore être détruit complétement aujourd'hui, la chimie n'est point en-

core assez avancée, et les idées sont trop partagées pour qu'il soit possible de le changer d'une manière durable et certaine. Lorsqu'on examine avec soin les divers corps composés que présente la nature, on distingue bientôt entre eux des liaisons ou des différences qui permettent de les grouper en un nombre fort restreint de catégories : on a classé effectivement d'abord tous les composés :

1° en corps *acides*, dont le caractère générique est d'avoir, lorsqu'ils sont solubles, une saveur aigre, ou fortement caustique s'ils sont très concentrés: le vinaigre, le jus de citron, et l'acide sulfurique en sont des exemples frappans; de rougir la couleur bleue végétale du tournesol, et de posséder toujours, qu'ils soient solubles ou non, la propriété de pouvoir s'unir avec une autre espèce de corps nommés *oxydes*, pour donner naissance encore à une nouvelle série de composés nommés des *sels*.

Outre cela, les *acides* sont des corps formés de deux élémens seulement, et primitivement on avait établi d'une manière formelle que l'*oxygène* seul était capable, dans son union avec les au-

tres corps, de donner naissance à ces produits. Aujourd'hui, non-seulement cette opinion a été démontrée vicieuse, car on trouve des corps qui ne contiennent pas du tout d'oxygène et qui partagent tous les caractères assignés à ces acides primitifs, mais depuis encore et tous les jours on trouve des composés dans lesquels d'autres corps remplissent les mêmes fonctions que les acides, et qui n'en ont aucun des autres caractères. L'embarras est donc grand lorsqu'il est nécessaire de désigner les signes génériques de l'un et de l'autre de ces corps, et ce sera longtemps, sans doute, un échec contre lesquels s'arrêteront bien des systèmes préconçus, trop de généralisation ferait retomber dans le même défaut, qu'une trop grande spécification.

2° En corps *oxydes*, nom par lequel on désigne encore une combinaison de l'oxygène avec les corps, mais en de telles proportions que leurs caractères en font une classe de corps, de propriétés opposées à celle des *acides*: ainsi, au lieu d'avoir une saveur aigre pour ceux qui sont solubles, ils offrent au contraire une saveur *urineuse*, *âcre*, et ramènent au bleu la couleur du tournesol,

qui a été préalablement rougie par un acide ; mais la propriété générique de cette classe est d'avoir une grande tendance à s'unir avec les acides, dont ils neutralisent la plupart des propriétés, en constituant cette autre catégorie de corps que l'on appelle des *sels*.

Si d'autres idées, appuyées sur quelques théories dont j'essaierai plus loin de tracer l'esquisse, ne venaient encore combattre cette dernière définition des *oxydes*, on trouverait en elle le caractère bien tranché qui sépare les métaux des métalloïdes; car jusqu'ici, parmi les corps simples, on n'a trouvé que les *métaux* qui pussent, par leur union avec l'oxygène, produire des *oxydes* pouvant s'unir aux acides pour former des *sels*. C'est donc à tort que l'on a étendu ce nom à des corps formés par l'oxygène et des métalloïdes, qui, en aucun cas, n'ont pu ni ne peuvent accomplir cette réaction.

3° Vient naturellement à présent la classe des *sels*, qui, comme on le voit, sont des corps complexes, résultant de l'union des deux groupes précédens, et chez lesquels les caractères des acides et des oxydes sont anéantis à ce point, que le

sel, fort souvent, ne partage aucune des propriétés distinctives de ses composans. Les caractères de ces corps n'ont jamais pu être définis de manière à ne leur laisser aucun doute, lorsque l'on n'admet pas la composition exclusive qui précède; car l'incertitude devient grande lorsque l'on voit des corps formés de deux élémens n'ayant aucune propriété *acide* ni *oxyde*, venir s'unir entre eux à la manière de ces derniers. Comment alors définir les sels, si l'on ne donne à ces composés des noms particuliers? ou comment les distinguer des sels précédens? Faut-il donc alors les confondre tous dans une seule et même dénomination. Mais quelle confusion cela n'entraînerait-il pas? Car, à ces corps, on en pourrait joindre un grand nombre d'autres, que de bonnes raisons pourraient y faire admettre. Une classification par familles naturelles, sans autre désignation de caractères génériques que celui fourni par le radical du composé, serait sans doute la plus rationnelle après tout; mais l'état actuel de la chimie permettrait-il cette innovation? Tout cela sont des doutes qu'un peu plus loin je chercherai à développer, et non pas à trancher, je les émets

afin d'indiquer seulement les défauts de cette nomenclature, et avec la conscience que tous les changemens qu'elle exige ne peuvent être l'œuvre d'un seul, mais seulement l'effet du concours général et des efforts communs des hommes que leur talent met à la tête de la science.

4° Enfin, par corps *indifférens*, il faudra concevoir des composés, soit formés de deux, trois ou quatre élémens, n'ayant dans leurs propriétés spéciales aucun des caractères *acides* ou *oxydes* que je viens d'énumérer, mais qui, dans certaines circonstances, peuvent en remplir les mêmes rôles. On voit combien cette définition est large, vague et peu logique, car dans tous les cas une négation ne peut être une qualité ; et dans ce système, il serait fort difficile, je crois, d'assigner à ce groupe des propriétés générales, qui devinssent alors distinctives, si ce n'est par une classification par familles, à l'exemple de celle que nous fournit l'histoire naturelle ; mais alors il faudrait tout y confondre.

Comme on le voit, maintenant les composés de l'oxygène ont été la base de notre nomenclature, non-seulement pour la classification des

corps en groupes distincts, mais encore dans l'énonciation de l'espèce; et l'on va pouvoir juger malgré cela de la logique délicate qui, à cette époque, a présidé à la formation des noms particuliers. Une fois les caractères des diverses catégories des composés bien établis, on a créé des noms qui, pour chaque corps, doivent désigner leur nature générique, leurs composans, et les proportions dans lesquelles ces corps sont unis.

Voici pour chacun la règle suivie :

1° Les acides sont partagés aujourd'hui en deux espèces dont l'une est formée par l'union de l'oxygène avec les métalloïdes, et les métaux indifféremment, et qui sont nommés *oxacides*.

Les autres, au contraire dans lesquels il n'entre pas d'oxygène, mais qui résultent de l'union exclusive de l'hydrogène avec les métalloïdes, portent le nom d'*hydracides*.

A l'époque où l'on a créé la nomenclature, on savait que l'oxygène avec les autres corps pouvaient produire des acides de compositions variées, mais on croyait que pour chaque corps il n'en pouvait exister que deux. D'après cela, pour les distinguer, on convint tout simplement de ca-

ractériser le nom du corps avec lequel était uni l'oxygène, c'est-à-dire l'élément électro-positif, par la terminaison *ique*, pour le plus oxygéné des deux, et par la terminaison *eux*, pour celui qui l'était le moins : ainsi, on dit acide phosphor*ique* pour indiquer l'acide le plus oxygéné que le phosphore peut produire, et acide phosphor*eux* pour le plus faible des deux, de même que :

Acides chlor *ique*,
brôm *ique*,
iod *ique*,
chlor *eux*,
brôm *eux*,
iod *eux*,
sulfur *ique* (en se servant du mot latin *sulfurum* comme plus doux),
sulfur *eux*, etc., etc.

Mais depuis on a découvert d'autres degrés d'acidité inférieurs ou supérieurs à chacun de ceux déjà trouvés ; et on les a distingués en plaçant devant eux les prépositions *hyper*, qui veut dire au-delà, et *hypo*, qui veut dire au-dessous de celui que désigne la terminaison *ique* ou *eux*. Ainsi, l'on a trouvé dans la série des acides que forme le chlore, un acide plus oxygéné que l'acide chlorique : on le nomme acide hyperchlorique ; un autre d'une composition intermédiaire entre l'a-

cide chlorique et l'acide chloreux : on le désigne par le nom d'acide *hypo-chlorique*, et enfin un cinquième, moins oxygéné que l'acide chloreux, que l'on a encore distingué de même par le nom d'acide *hypo-chloreux*. En résumé, l'on a la série d'acides

hyper-chlorique,	ou	
chlorique,		sulfurique,
hypo-chlorique,		hypo-sulfurique,
chloreux,		sulfureux,
hypo-chloreux,		hypo-sulfureux.

Il en est de même pour tous ; quelquefois seulement on remplace indifféremment le mot *hyper* par *per* ou *hepta*, qui dans ce dernier cas veut dire sept, parce que, en général, ces acides, plus oxygénés, contiennent sept équivalens d'oxygène. Naguère encore, on a créé de nouveaux noms pour indiquer des modifications apportées à quelques acides : de là les noms d'acides *méta*-phosphorique et *pyro*-phosphorique ; la nature de la réaction qui a produit le changement, ou le moyen dont on s'est servi ont seuls fourni la règle.

Les acides formés par l'hydrogène offrent encore plus de simplicité dans leurs dénominations, car ils ne présentent qu'un seul degré d'union avec les métalloïdes, qu'il constitue ainsi acides. On

termine alors par le mot *hydrique*, qui veut dire hydrogène, le nom du corps électro-négatif, c'est-à-dire qui est attiré par le pôle positif. L'acide produit par le chlore et l'hydrogène sera donc nommé chor*hydrique;* celui du soufre sulf*hydrique* (en se servant toujours du mot *sulfurum*); celui du brôme, brôm*hydrique;* celui de l'iode iod*hydrique*, etc.

Malgré ces règles générales, on a été forcé, pour s'en tenir aux caractères génériques de chaque corps qui ont été indiqués, de créer des noms pour ainsi dire arbitrairement, afin de désigner des corps qui présentent une réaction acide, et qui n'ont pas place dans ces définitions. C'est ainsi que le produit du *chlore*, de l'*oxygène* et de l'*oxyde de carbone* a été désigné sous le nom d'acide *chloroxi-carbonique*; de même encore pour le composé de l'*hydrogène* avec le *fluor* et le *silicium*, qui porte le nom d'acide *hydro-fluo-silicique*, nom barroque, qui n'est même pas en harmonie avec les principes de la nomenclature. Il existe encore nombre d'autres irrégularités et de lacunes, que je suis forcé de passer sous silence, mais qu'il sera facile de reconnaître par tout ce qui précède.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, on désigne sous le nom d'*oxydes* des composés résultant encore de l'union de l'oxygène avec les autres corps également en différens rapports : de là des degrés d'oxygénation divers, que l'on désigne simplement par ordre numérique, en ne faisant subir au nom du corps qui les produit aucune altération. Ainsi l'on dit protoxyde ou simplement oxyde, pour désigner le premier degré d'oxygénation du corps ; bi-oxyde ou deutoxyde pour le second; tritoxyde pour le troisième, etc. ; et pour désigner la nature de l'oxyde on fait suivre sans modification cette désinence numérique par le nom du corps qui le fournit ; dès-lors on dira :

Protoxyde de plomb;
Bi-oxyde de manganèse;
Tritoxyde de cuivre, etc.

On emploie souvent le mot *per*oxyde pour désigner sans qualification particulière l'oxyde le plus oxygéné d'une série : un bi-oxyde, un tritoxyde ou un quadroxyde, peuvent être indifféremment appelés peroxydes, si les uns ou les autres ils terminent les degrés d'oxydation d'un corps quelconque.

Il n'y a qu'une seule modification à cette règle, et qui résulte de la composition intermédiaire que présente un oxyde compris entre le premier et le second, c'est-à-dire qui contient un équivalent et demi d'oxygène : on le désigne par le mot *sesqui*, et l'on dit de même que pour les autres, *sesqui*-oxyde de fer, *sesqui*oxyde de manganèse, etc. Toutes ces dénominations indiquent très bien la composition de ces divers oxydes : le protoxyde contenant un équivalent d'oxygène, le bi ou deutoxyde en contiendra une fois autant, le tritoxyde deux fois, etc.

On se sert encore quelquefois du nom *base* pour indiquer d'une manière générale les oxydes qui ont la propriété de s'unir aux acides ; on les considère alors comme la base des *sels*.

Par un vieil usage, on a conservé à certains oxydes des noms anciens, qui sont aujourd'hui consacrés par le temps et l'habitude. On a coutume de désigner sous le nom d'*alcalis* les oxydes métalliques solubles dans l'eau, et par les dénominations de potasse, soude, chaux, baryte, strontiame, lithine, magnésie, alumine, glucyne, yttria et zircône, les protoxydes de potas-

sium, sodium, calcium, barium, strontium, lithium, magnesium, aluminium, glucinium, yttrium et zirconium. Les noms d'*oxydes acides* sont encore également employés parfois pour indiquer, chez des oxydes fort oxygénés, la tendance qu'ont leurs propriétés de se rapprocher de celles des acides.

D'*oxydes indifférens*, c'est-à-dire, qui indifféremment remplissent les fonctions d'acides et de bases vis-à-vis d'oxydes ou d'acides puissans.

D'*oxydes singuliers* ceux qui par leur composition ne peuvent faire fonction ni d'oxydes ni d'acides, mais qui, sous des influences très faibles, peuvent perdre une partie de leur oxygène ou de leur métal pour passer à un état d'oxydation inférieur ou supérieur, et, par ce moyen, changent entièrement de nature.

On connaît encore une classe d'oxydes que l'on peut appeler *oxydes salins*, car ce sont des corps complexes, formés par l'union de deux oxydes, dont l'un fait fonction de base, tandis que l'autre fait fonction d'acide.

Des sels. Ces corps, comme l'indique la définition que j'en ai donnée plus haut, sont formés

par la réunion d'un acide avec un oxyde dans des rapports déterminés. Leur nomenclature est un exemple frappant de l'esprit analytique qui a présidé à sa formation. Ce nom, en effet, indique celui de l'acide et de l'oxyde qui forment le sel, la constitution de chacun d'eux, et les proportions dans lesquelles ils sont unis. L'acide détermine toujours le genre, tandis que l'oxyde indique l'espèce ; car ce premier, soumis à l'action de la pile, est séparé par le pôle positif, tandis que le second l'est par le pôle négatif : l'acide doit donc être nommé le premier. Alors, pour distinguer chaque degré d'oxydation, toutes les fois que l'acide possède la terminaison *ique*, on la change en *ate*, et celle des acides terminés en *eux* est changée en *ite*. Ainsi l'acide sulfurique forme des sulfates, l'acide azotique des azotates, et les acides sulfureux et azoteux des sulfites et des azotites. Il en est de même pour les acides hypo-sulfurique et hypo-sulfureux, qui deviennent des hypo-sulfates, hypo-sulfites. On fait ensuite suivre ces noms de ceux des oxydes qui produisent le sel sans leur faire subir aucun changement : l'on dit alors sulfate de protoxyde de fer, azotate de

bi-oxyde de mercure, hypo-sulfate de protoxyde de manganèse, etc.

Lorsque la base d'un sel est à l'état de protoxyde, l'usage permet d'énoncer seulement le nom du métal sans désignation du titre d'oxyde. Ainsi l'on dit habituellement sulfate de zinc pour sulfate de protoxyde de zinc, sulfate de fer pour sulfate de protoxyde de ce métal. Cette élision du mot oxyde équivaut donc au titre ou à la composition de protoxyde. Sous ce rapport M. Berzélius a cherché à soulever toute équivoque, en appliquant aux oxydes et aux sels des désinences particulières, qui en indiquassent de suite le degré d'oxygénation sans complication de mots. Ainsi il indique un protoxyde par la terminaison *eux*, tandis que le bi-oxyde prend la terminaison *ique :* on dira alors oxyde *ferreux* pour protoxyde de fer, et oxyde *ferrique* pour l'oxyde qui le suit; oxyde plombeux et oxyde plombique, le premier pour le protoxyde de plomb, et le second pour le bi-oxyde; de même alors pour les sels formés par ces divers oxydes, on dira sulfate ferreux pour sulfate de protoxyde de fer, et azotate manga-

nique pour l'azotate de bi-oxyde de manganèse. Quoique plus simple, cette nomenclature laisse encore beaucoup à désirer ; on la trouve, du reste, toujours appliquée dans tous les écrits des chimistes du Nord, et chaque jour elle tente de se naturaliser chez nous.

Entre ces diversités dans l'espèce des composans des sels, il est à remarquer que les acides et les oxydes suivent, dans leur union réciproque, les mêmes lois de proportions multiples que les corps élémentaires. Il faut donc encore des noms particuliers qui soient affectés à chacune de ces variations pour les distinguer : dès-lors on appellera un sel *neutre* celui qui sera formé par un équivalent d'acide et un équivalent d'oxyde. Que ce sel rougisse le tournesol, ou qu'il le ramène au bleu, peu importe, la neutralité mathématique dépend seulement du rapport des équivalens composans ; au contraire, un sel sera appelé acide lorsque deux équivalens d'acide seront unis avec un équivalent d'oxyde : on les nommera alors sulfate neutre de plomb, ou simplement sulfate de plomb pour le premier, et sulfate acide de plomb ou bisulfate de plomb pour le second : le mot bi

multipliant ici seulement l'acide. On note ainsi le nombre des équivalens d'acide par les mots bi, tri, quadri, etc. Ainsi on dit : bisulfate, trisulfate, quadrisulfate, de telle ou telle base. Lorsque la proportion de l'acide est fractionnaire, c'est-à-dire d'un demi-équivalent, on fait alors précéder le nom de l'acide par le mot *sesqui* : c'est ainsi que l'on dit *sesqui*-carbonate d'ammoniaque, ce qu'il ne faut pas confondre avec la désinence de l'acide, comme on le fait souvent, et dire, par exemple, sesqui-sulfate de fer, pour sulfate de sesqui-oxyde. On trouve d'autres sels qui, au lieu de contenir l'acide en plusieurs proportions, ne possèdent qu'un seul équivalent d'acide uni à plusieurs équivalens de base. Cette espèce porte le nom de sels *basiques*, ou de sous-sels, et l'on énonce le nombre des équivalens d'oxyde qu'il contient par les mots bi, tri, quadri, etc., comme précédemment, à l'exception qu'ils précèdent le mot basique. Ainsi l'on dira : sulfate, azotate ou phosphate bibasique, tribasique ou quadribasique, selon que ces sels contiendront deux, trois ou quatre équivalens de base.

Après ces corps de composition complexe,

vient la nomenclature des composés plus simples, qui ne sont ni acides ni oxydes, et résultant de l'union, soit :

1° De deux métalloïdes;
2° D'un métalloïde et d'un métal;
3° De deux métaux entre eux.

On désigne les composés qui résultent de l'union des métalloïdes entre eux ou avec les métaux, en donnant au nom du corps électro-négatif (celui qui est nommé le premier) la terminaison *ure*, en faisant suivre ce nom de celui de l'autre corps avec lequel il est uni : le chlore et le soufre forment un chlorure de soufre; le soufre et le bore, un sulfure de bore ; le brôme et le potassium, un brômure de potassium ; l'iode et le fer, un iodure de fer, etc. C'est surtout par cette série que l'on peut être frappé de l'insuffisance de notre nomenclature actuelle, car, à côté de cette règle de dénominations pour les composés binaires, nous trouvons les noms d'hydrogène carboné, d'hydrogène phosphoré, etc., consacrés par un ancien usage. Pourquoi donc ne pas les nommer généralement *carbures*, *phosphures* d'hydrogène, comme le font quelques chimistes? Mais à côté

de cela, pourquoi continuerait-on à reconnaître des hydracides portant des noms particuliers? Ces composés ne sont-ils donc pas des corps binaires comme les précédens; l'acide sulfhydrique, l'acide chlorhydrique, ne sont-ils pas alors de véritables sulfure et chlorure d'hydrogène? Ces noms s'accorderaient mieux avec les propriétés de cette classe de corps, et l'on n'aurait pas besoin de recourir à des théories détournées pour expliquer entre autres choses l'union de ces hydracides avec les oxydes métalliques. Il faudrait enfin remplacer ou classer les noms de cyanogène et d'ammoniaque, qui sont, l'un un azoture de carbone, et l'autre un azoture d'hydrogène. Sans doute, pour opérer tous ces changemens, on aurait besoin d'une toute autre classification que celle qui a été suivie jusqu'ici, et, par conséquent, de créer de nouveaux noms.

Enfin, lorsque deux métaux sont unis, en quelque proportion que ce soit, le produit prend le nom d'alliage. On dit alliage de cuivre et de zinc, de plomb et d'antimoine, etc.; seulement l'usage a encore conservé des noms spéciaux à quelques alliages, tels que ceux de laiton, bronze, etc.;

et lorsque le mercure entre dans le composé, il ne porte plus le nom d'alliage, mais celui d'amalgame du métal uni avec le mercure. Ainsi le produit résultant de l'union de l'or ou de l'argent avec le mercure, est appelé amalgame d'or ou d'argent.

Quelle que soit la nature du corps, soit acide, soit oxyde, sel, etc., toutes les fois qu'il sera uni à une certaine quantité d'eau déterminée par les lois de composition des corps, c'est-à-dire en rapport avec les poids des équivalens, ce corps est dit *hydraté*. Ainsi l'acide sulfurique ordinaire, concentré à 66° est un acide hydraté, parce que, à un équivalent d'acide sulfurique formé d'un équivalent de soufre et de trois d'oxygène, est joint un équivalent d'eau, formé lui-même par quantités équivalentes d'oxygène et d'hydrogène, ce que représente la formule suivante : SO^3, HO.

Au contraire, un corps est dit *anhydre* lorsqu'il ne contient pas du tout d'eau.

Tel est l'exposé de la nomenclature chimique actuelle et des principes sur lesquels elle s'appuie. Mais, outre les imperfections que j'ai cherché à signaler, elle laisse une lacune immense dans une

science d'observation, comme l'est celle-ci, en ne pouvant appliquer son système qu'aux composés de nature minérale, et en n'offrant aucun principe arrêté sur lequel on puisse baser la classification et les noms de la partie de la science qui s'occupe de l'étude des corps du règne organique. Toutefois ce défaut ne peut être imputable aux fondateurs de la nomenclature : il n'est que la conséquence de la marche de la science, et, il faut le dire, des routes divergentes que suivent les chimistes.

Dans l'espèce *minérale* ou *inorganique*, tous les composés sont caractérisés par la nature des élémens qui concourent à leur formation, tandis qu'il n'en est plus de même dans cette autre partie, *la chimie organique :* tous les êtres y sont produits par l'arrangement et les rapports d'un petit nombre seulement d'élémens. Quelques détails particuliers deviennent donc nécessaires.

On conçoit, en effet, avec peine, tout d'abord, qu'une science d'observation, fondée sur des lois positives qui n'appellent aucune exception, puisse être partagée en deux espèces, lorsque ce sont toujours les mêmes élémens sur lesquels les

mêmes lois, agissent et toujours de la même manière. Rien dans la nature n'indique, en effet, qu'il doive en être ainsi ; et si aujourd'hui il existe des différences, l'on ne peut en accuser que l'état peu avancé où en est la science sur ce point. Quoique dans les espèces minérales on rencontre cette multitude de corps que donnent tous les élémens par leur union réciproque, la chimie n'y reconnaît que des composés séparés par des délimitations bien tranchées, offrant des caractères que peut seulement altérer le jeu de forces naturelles bien reconnues, et que toujours on peut reproduire sans hésitation. Mais il n'en est plus ainsi lorsqu'il s'agit de corps extraits de matières qui ont vécu : l'on n'y rencontre qu'un nombre fort restreint d'élémens, qui sont le *carbone*, l'*hydrogène* et l'*oxygène*, pour ceux qui sont d'origine végétale, et auxquels il faut joindre l'*azote* pour caractériser les substances de nature *animale*. Cette distinction est générique, quoique au premier aperçu elle semble fausse, car on trouve des matières azotées dans les végétaux, et des matières non azotées dans les animaux. Ici la composition est tout, et l'origine n'est rien : la nature,

au contraire, semble avoir réuni, dans chacune de ces grandes classes d'êtres *vivans*, tout ce qu'il faut pour les rendre solidaires, pour les unir, de telle manière que ce qui est nécessaire pour entretenir la vie de l'un est préparé par l'autre : l'étude des corps organiques en fournit à chaque instant des preuves.

A ces quatre élémens, fort souvent on en trouve quelques autres, tels que le soufre, le phosphore, etc., qui y sont joints, soit fortuitement, soit, au contraire, comme élémens constituans. Quoique les composés formés par ces élémens soient unis par les mêmes lois que le reste de la matière, ils ont de plus à subir l'action d'organisations spéciales, dont les rapports nous sont encore inconnus. Aussi tous les corps organisés nous offrent-ils des caractères et des propriétés si instables, qu'ils témoignent d'abord de la facilité avec laquelle les proportions de leurs principes constituans peuvent changer, et des métamorphoses sans nombre que de telles influences peuvent leur faire éprouver.

Aussi le chimiste peut-il facilement dédoubler tous ces corps en une multitude d'autres, de com-

position toujours plus simple; mais, par la même conséquence, il lui est impossible, au moins jusqu'ici, de remonter au corps primitif, en passant par toutes les mêmes modifications. Dès-lors on comprendra facilement que les proportions des élémens qui constituent les êtres organisés, puissent les faire varier de caractères, et que plus ils s'éloignent de la puissance de l'organisation, plus ils se rapprocheront de la nature minérale. Cela est si vrai, que l'on peut de suite séparer tous les corps du règne organique en deux grandes classes; les uns que l'on désignera sous le nom de corps *organisés*, et les autres de corps *organiques*, en indiquant par là qu'ils puisent leur source dans les premiers. Il est facile maintenant de caractériser chacune de ces classes par quelques traits spéciaux. Tous les corps *organisés* présentent dans leur composition une grande multiplicité des équivalens de leurs composans, par conséquent, un poids équivalent très lourd; jamais ils n'affectent de formes géométriques, déterminées par des lignes droites; au contraire, la forme primitive de tous les corps organisés est tracée par des courbes; ce sont des corps ronds, aplatis,

sphériques ou ellipsoïdes, qui ne peuvent par conséquent jamais cristalliser. Ces corps jouissent en outre de la propriété essentielle, pour tous ceux qui peuvent être ingérés dans l'estomac, d'être exclusivement alimentaires et nutritifs; tandis que les autres produits qui dérivent de ceux-ci, que l'on nomme pour cela corps *organiques*, ont conséquemment une composition plus simple, et se rapprochent ainsi davantage de la nature minérale: ils peuvent alors cristalliser selon toutes espèces de formes, et n'affectent plus la forme globulaire; ils peuvent alors devenir le produit du travail des laboratoires, et s'il en reste encore quelques-uns que le chimiste n'ait pu constituer de toutes pièces, ce n'est qu'un peu de temps qu'il faut attendre; car, n'étant plus soumis à ces conditions que nous n'avons pu encore apprécier, rien ne s'oppose à leur reproduction : la chimie nous en offre de nombreux exemples. Ces corps, alors, comme on peut le pressentir, ont des caractères bien tranchés, et ne peuvent, dans aucun cas, servir à l'alimentation. De tous ces faits il résulte donc que la chimie *organique* ne possède encore aucune base de nomenclature qui offre quel-

que chose de fixe et de précis : cette partie de la science est encore à peine sortie de ses langes, et son langage est d'autant plus confus, que chaque chimiste, à mesure qu'il progresse, nomme, selon son bon plaisir ou son jugement, les produits qu'il découvre, en s'appuyant sur tel ou tel système qui lui convient le mieux, sans attendre souvent qu'il soit assez discuté pour être maintenu dans la science.

Cependant on trouve parmi les produits organiques des corps qui présentent les caractères *acides*, on les a alors nommés en terminant en *ique* un nom qui tend, en général, à rappeler leur origine, ou qui résulte souvent, comme je l'ai dit, d'une convention particulière, ou bien encore d'une étymologie grecque ou latine quelque peu exacte ou hasardée. Cependant, lorsque l'acide a été obtenu de l'action seule du feu sur un acide primitif, on conserve presque toujours ce nom, et on le fait précéder de la particule *pyro;* acide gallique, acide *pyro*-gallique; le mot *meta* est également employé pour indiquer une relation rapprochée. Il existe des corps, au contraire, qui offrent la propriété de s'unir aux acides et de former des sels, que l'on a

désignés, par cette raison, sous le nom d'*alcalis organiques*, leur nom est à-peu-près basé sur les mêmes raisons que ceux des acides, et on les fait suivre, en *général*, de la terminaison *ine*, tels que quinine, cichonine, etc.; cette terminaison n'est même pas exclusive, car elle a été donnée à des corps considérés comme *neutres*, c'est-à-dire ni acides ni alcalins. C'est ainsi que l'on appelle le sucre de lait *lactine*, la matière colorante du carthame, carthamine, etc., etc... Du reste ces corps neutres abondent en chimie organique, et il serait à désirer qu'on pût enfin les classer de quelque manière; car on ne suit dans leurs dénominations aucunes règles, si ce n'est que l'on cherche à rappeler le corps dont ils dérivent considéré comme radical.

Ces radicaux, pour la plupart hypothétiques, reçoivent des noms arbitraires, ou qui se rapprochent du nom de la substance primitive d'où on les a tirés; ils sont presque toujours terminés par les mots *gène* ou *yle :* ainsi je citerai le camphogène, le benzoyle, etc.

Enfin il existe une foule d'autres noms pour désigner des corps dérivés de l'un de ces genres,

qui ne suivent que l'opinion de leurs auteurs : tantôt ce sera le nom retourné du corps primitif, tel que celui de l'acide *ellagique*, qui vient d'acide *gallique*; d'acide coménique, venant de *méconique.* D'autres fois, et selon l'opinion de M. Baup, on emploiera les consonnes, dans l'ordre de l'alphabet, que l'on intercalle dans le nom du corps radical : il a fait ainsi pour les acides dérivés de l'acide citrique, qui sont l'acide *citribique* , *citricique*, etc... M. Laurent, de son côté, dans les composés d'un même radical, a employé dans les terminaisons les voyelles dans leur ordre ordinaire : il a obtenu de cette manière le chlonaphtase, le chlonaphtèse, le chlonaphtise et le chlonaphtose.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Règles générales que suivent les corps dans leurs combinaisons.

Maintenant que les lois de composition des corps sont connues d'une manière générale, et que l'on a la valeur des termes du langage de la science, il ne me reste plus, pour compléter le plan que je me suis tracé, que d'exposer encore quelques faits particuliers, qui sont nécessaires pour l'intelligence des phénomènes généraux de la chimie.

Ces faits n'ayant d'autre but que d'expliquer la constitution des corps les plus complexes, on en trouve naturellement l'application dans la grande classe de composés que l'on appelle sels.

Pour bien discuter les diverses interprétations que les chimistes accordent à ce terme, il est nécessaire d'en exposer la valeur.

Si tout d'abord on adopte la nomenclature Guytonienne, il faut nécessairement aussi adopter les

bases générales sur lesquelles elle est fondée. Or, la définition d'un sel, d'après ce système, consiste à dire qu'un *sel* est formé par l'union d'un acide et d'un oxyde, dans les rapports fixés par les lois de composition des corps, c'est-à-dire soit par nombre égal d'équivalens, ou par la multiplication de ceux de l'un des deux corps, etc.: d'où résulte, dans tous les cas, soit un sel neutre, soit un sel acide ou basique. Alors la raison de cette union se trouve naturellement dans le jeu des forces attractives naturelles; mais on remarque dans chaque genre de sel une règle qui, par sa généralité, s'érige en principe, et qui exprime un *rapport constant entre la quantité de l'élément commun oxygène, contenu dans l'acide et dans la base.* C'est ainsi que dans un sulfate neutre, exprimé par la formule SO^3RO, on voit que l'acide contient trois équivalens d'oxygène, tandis que la base n'en contient qu'un; dans les azotates, l'acide *azotique* $Az\,O^5$ contenant cinq équivalens d'oxygène, et la base du sel représentée par RO n'en contenant qu'un : le rapport entre ces deux quantités sera évidemment comme cinq est à un, 5:1, et ainsi de même pour tous les sels. Il est

encore à remarquer que ce sont les oxydes, à un équivalent d'oxygène, qui font fonction de bases les plus énergiques, et dès-lors la proportion équivalente qui existe entre la quantité d'oxygène de l'acide et celle de la base, étant constante, il s'ensuit qu'un sel neutre ne peut être formé que sous ces conditions. On conçoit de suite que de ces rapports on ait pu tirer de nombreux secours, soit pour assigner à tel corps une classification par son analogie de constitution avec d'autres corps, soit même pour déterminer le poids exact de l'équivalent d'un oxyde dont le radical serait même inconnu. Car si, d'après ces règles de composition, on trouve que l'oxyde donné peut former dans des termes exacts un sulfate neutre, par exemple, il est conséquent que le rapport de l'oxygène de l'acide étant à celui de l'oxyde dans les sulfates comme 3:1, en soustrayant du poids général de ce sulfate l'équivalent de l'acide sulfurique, on trouvera le poids de l'équivalent de l'oxyde, que l'on saura à son tour contenir un équivalent d'oxygène, puisque ce sera la condition de son union avec l'acide; le reste exprimera donc le poids de l'équivalent du corps inconnu, puisque

l'équivalent d'un corps simple est cette quantité qui s'unit à 100 parties d'oxygène. Ces rapports sont généraux et, sans exception, dans tous les sels à acide et oxydes oxygénés : il est facile de voir quel parti l'on en peut tirer, soit comme application, soit comme statique chimique.

Ce fait offre une telle régularité dans son principe, que dans un sel même formé de deux équivalens d'acide et d'un seul équivalent de base, on trouve presque toujours un équivalent d'eau : or, comme l'eau est formée par l'union d'un équivalent d'hydrogène et d'un équivalent d'oxygène, les rapports sont égaux ; et si l'on considère l'hydrogène comme un métal, ce serait alors un protoxyde de composition analogue à l'autre qui serait uni à l'un des deux équivalens d'acide. Ce sel acide serait simplement, dans ce cas, un sel neutre, formé par l'union de deux sulfates, dont la base de l'un serait de l'eau ou protoxyde d'hydrogène.

Certains sels, entre eux, suivent une règle de composition analogue, et constituent même des genres de sels particuliers. C'est ainsi que sont formés ce que l'on appelle des *aluns :* ce mot est générique, et ne s'applique qu'à des sulfates dou-

bles, dont l'un des deux contient un oxyde qui renferme trois équivalens d'oxygène, par conséquent trois équivalens d'acide sulfurique, tandis que la base de l'autre n'en renferme qu'un, ce qu'exprime la formule

$$\underbrace{3\ SO^3,}_{\text{Acide sulfurique.}}\quad \underbrace{Al^2O^3}_{\text{Protoxide d'aluminium.}} + \underbrace{SO^3KO}_{\text{Acide sulfurique. Potasse.}}$$

Ainsi, tous les sulfates dont la composition sera la même que celle du sulfate d'alumine, pourront rèmplir les mêmes fonctions et constituer des sels analogues.

Mais si, au lieu d'avoir égard seulement aux élémens qui entrent dans la composition d'un corps, on envisage la combinaison des élémens sous le point de vue général des lois qui président aux combinaisons, un sel n'est plus que le produit de l'union d'équivalens de matière qui s'unissent de la même manière, et sous les mêmes influences que de simples élémens. L'acide et l'oxyde ont des propriétés que je dirai presque antagonistes, possédant chacun une nature électrique relative, distincte, comme tous les autres corps binaires, et que la pile nous sépare toujours. Dès-lors, pourquoi les

oxydes, les acides, les chlorures, et tous les composés résultant de l'union de deux corps différens qui nous offrent ces mêmes caractères, ne pourraient-ils pas être appelés *sels*, si l'on n'apporte entre eux aucune distinction de formation? Il n'y aurait vraiment pas de raison pour que cela ne fût pas ainsi, car cette dénomination resterait dans le vrai. Mais, pour étudier une science aussi vaste que l'est celle-ci, il faut spécialiser chaque chose, surtout lorsque, dans l'ensemble, elle présente tant de particularités distinctes. Il faut donc donner, à chaque classe de corps un nom qui en puisse rappeler, soit la constitution particulière, soit quelque propriété ou quelque rapport de composition, puisque toutes les combinaisons possibles peuvent rentrer dans la loi des équivalens et des proportions multiples. Dès-lors, on ne s'étonnera plus de voir les chimistes rechercher les causes de la variété des corps dans la nature des élémens et dans le groupement de leurs molécules. Lorsqu'on représente, en effet, par une formule, l'espèce d'organisation particulière à chaque composé, on peut plus facilement juger, par cet arrangement moléculaire, tout arbitraire qu'il est, des rapports

de propriétés que les corps peuvent avoir entre eux, et souvent trouver plus aisément les modifications qu'ils peuvent subir ; mais on peut en abuser, et bâtir aujourd'hui des théories que les faits détruisent demain. C'est ainsi que l'on voit représenter la composition de l'acide sulfurique, hydraté, sleon tel système, par SO^3HO, que tel autre vous dira être SO^4H. Si alors vous faites réagir un oxyde sur cet acide SO^3HO, on vous dira que cet acide sulfurique hydraté n'est qu'un véritable sel, dont la base est l'eau (protoxyde d'hydrogène) ; qu'en lui présentant alors un oxyde pour lequel il ait plus *d'affinité*, il s'en emparera, et l'eau deviendra libre ; tandis que, dans le second cas, l'acide SO^4H, mis au contact de l'oxyde métallique, le métal seulement déplace l'hydrogène qui lui est analogue, lequel s'empare, au moment où il devient libre, de l'oxygène de l'oxyde, et forme avec lui de l'eau ; que tout cela enfin a lieu par le jeu des affinités réciproques ; que, de même, en faisant réagir cet acide SO^4H sur du zinc ou du fer, l'hydrogène est mis en liberté, et peut être recueilli, parce que le zinc est venu le remplacer, que ce corps n'a pas alors changé de construction. Il renfer-

mait, dans le rapport voulu, un équivalent de soufre, quatre d'oxygène et un d'hydrogène. Maintenant, l'équivalent hydrogène est remplacé par un équivalent de zinc ; il n'y a donc que l'espèce qui a changé, mais le nombre d'équivalent est toujours le même : tout-à-l'heure c'était de l'acide sulfurique constitué par de l'hydrogène, à présent c'est toujours le même acide, mais formé par du zinc qui s'est mis à la place de l'hydrogène..?

Cependant, ce ne sont plus les mêmes propriétés : l'équivalent a changé, et par conséquent les rapports de la masse? D'après cette dernière manière de voir, il n'y a plus de distinction entre les oxacides et les hydracides, puisque tous rentrent dans la même catégorie de corps, chez lesquels un élément est remplacé par un autre, en quantités équivalentes, etc.

Tous ces systèmes d'arrangemens corpusculaires sont faits certainement par des vues larges et de belles intelligences, dans le but unique de généraliser les faits et de faciliter la conception des phénomènes : mais, ne faut-il pas craindre encore que de trop généraliser n'équivaille plus qu'à une uniformité si grande, qu'elle n'offrira

plus aucune distinction ; et, quoique je ne veuille me permettre aucune manière d'exprimer ici une pensée personnelle, formée par conviction, ne serait-il pas à désirer, plutôt que de voir des esprits capables s'arrêter sur de telles hypothèses, de les voir rechercher, au contraire, sur des bases plus solides, ces prédispositions corpusculaires qui, en somme, résument toutes les théories et toutes les spéculations par le mot *affinité ;* rassembler les faits par les *analogues*, étudier, en un mot, la statique chimique? et lorsque les corps seraient bien connus, bien définis, il serait temps alors de les grouper, et d'établir des définitions générales et rationnelles des phénomènes; plutôt que de spéculer le plus souvent infructueusement sur quelque cause occulte, ne faudrait-il pas mieux s'arrêter aux considérations positives, que le rapport des divers poids des élémens d'un composé accusent, et rechercher, dans cette relation mathématique, les différences des propriétés? Je ne peux mieux justifier cette opinion, qu'en m'appuyant de celle qui a contribué à la former. Voici ce que dit M. Thenard à ce sujet :

« ....Disons-le nettement, ces spéculations sont

« pour la plupart à l'encontre de la marche natu-
« relle de la chimie. Qu'avons-nous appris en
« chimie générale depuis un siècle, si ce n'est
« qu'en ce qui touche l'arrangement des molécules
« des corps nous ne savons rien du tout? Il faut
« donc, sur ces matières, éviter soigneusement
« tout système d'idées préconçues, pour s'en te-
« nir à celui que l'expérience indique comme étant
« le plus conforme aux faits. »

Et, un peu plus loin, il ajoute :

« ....Mais, en chimie, les théories et la nomen-
« clature, qui sont la peinture des faits acquis,
« l'expression fidèle du passé, n'engagent jamais
« l'avenir, et ne peuvent prétendre à fixer l'opi-
« nion sur les mystères demeurés hors de notre
« portée. »

En résumé, et quoi que l'on fasse, la raison de l'ancienne nomenclature a prévalu jusqu'ici; l'esprit de haute philosophie qui l'a conçue a fait un monument que nous ne devons chercher à abattre à présent qu'en le reconstruisant sur les données positives que les faits seuls peuvent nous fournir.

Si maintenant on adopte la constitution des acides telle que je l'ai décrite plus haut, on peut

de suite saisir la différence établie entre les oxacides et les hydracides, et reconnaître la fausseté de leur dénomination. Il est admis dans cette théorie, que lorsque l'on combine de l'acide sulfurique, par exemple, avec un oxyde, ces deux corps existent dans le nouveau composé intégralement. Tous leurs élémens s'y retrouvent dans les mêmes proportions, et l'on en peut toujours extraire l'acide et l'oxyde; tandis que, dans l'union des hydracides avec les oxydes, le résultat est tout autre: l'hydrogène de l'acide s'unit à l'oxygène de l'oxyde, tandis que l'élément électro-négatif s'unit au métal pour former un composé binaire en *ure :* c'est ainsi que de l'acide chlorhydrique, en réagissant sur de l'oxyde de cuivre, formera de l'eau que l'on peut dégager facilement, et du chlorure de cuivre, au lieu de produire un chlorhydrate de cuivre analogue au sulfate que j'ai cité. Il est donc plus rationnel et plus conforme aux faits, de considérer tous les hydracides comme des composés binaires renfermés dans la classe de ceux qui sont terminés en *ure*, et chez lesquels l'hydrogène est l'élément électro-positif: alors tout s'explique, et l'on conçoit facilement que dans un chlorure d'hydro-

gène Cl H, par exemple, ce dernier puisse être remplacé par un tout autre corps, tel qu'un métal. C'est effectivement ce qui a lieu, car si l'on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sur du fer, on obtient du chlorure de fer et du gaz hydrogène qui se dégage. Il en est de même pour tous les autres.

A côté de ces faits il vient s'en joindre d'autres qui prêtent un grand appui à la constitution des sels, telle qu'elle est définie déjà ; les faits suivans pourraient même n'en être regardés que comme une conséquence. Dans les corps composés, en effet, la forme paraît toujours être en relation avec la nature des composans et le poids de leurs équivalens ; de telle sorte que dans un grand nombre de corps composés, un des principes constituans peut être remplacé par un autre, sans que ces composés éprouvent d'altération dans leur forme extérieure, pourvu que ce corps ait une composition analogue, ou cependant une composition qui puisse équivaloir ; alors on donne à ces corps le nom d'*isomorphes*, qui veut dire égaux de forme : c'est par cette raison que tous les acides de même composition produisent, avec des

oxydes également de composition semblable, des sels cristallisant dans les mêmes formes : tels sont les acides sulfurique, sélénique, chrômique et manganique, qui tous, pour un équivalent du corps négatif, contiennent trois équivalens d'oxygène. Par la même raison, les oxydes qui ont des compositions semblables peuvent se remplacer réciproquement dans leurs sels, sans que la forme primitive soit altérée ; l'alumine, de cette manière, peut être remplacée dans l'alun ordinaire par le sesqui-oxyde de fer ou de chrôme, qui ont la même composition qu'elle, sans que la forme octaédrique, naturelle à ce composé, soit en rien modifiée par cette différence d'espèce d'oxyde. On a pu en rassemblant les corps, jusqu'ici considérés sous ce rapport, obtenir le tableau suivant, dans lequel chaque groupe renferme les corps qui peuvent ainsi se remplacer dans la forme des produits.

1er.

Argent.
Or.

2e.

Acide sulfurique.
Acide sélénique.
Acide chrômique.
Acide manganique.

3e.

Acide phosphorique.
Acide arsénique.

4e.
Acide hyper-manganique.
Acide hyper-chlorique.

5e.
Acide arsénieux.
Oxyde d'antimoine.

6e.
Alumine.
Oxyde de chrôme.
Oxyde de fer.

7e.
Oxyde d'argent.
Oxyde de sodium (soude).

8e.
Baryte.
Strontiane.
Chaux.
Oxyde de plomb.

9e.
Chaux.
Magnésie.
Protoxyde de fer.
Protoxyde de manganèse.
Oxyde de zinc.
Oxyde de nickel.
Oxyde de cobalt.
Oxyde de cuivre.

10e.
Sels de potasse.
Sels d'ammoniaque lorsqu'ils contiennent un équivalent d'eau.

Ces observations sont fertiles en déductions souvent fort importantes ; car l'analogie de composition que l'*isomorphisme* indique peut être d'un très grand secours ; car, outre la relation entre l'oxygène de la base et celui de l'acide, cette propriété indique aussi fréquemment des changemens dans la composition. C'est ainsi que le sulfate neutre de potasse et le chrômate neutre ont la même forme cristalline, tandis que le bi-chrômate et le bi-sulfate diffèrent : c'est que le bi-chrômate est *anhydre*, tandis que le bi-sulfate est hydraté ; il contient par cela même un équivalent de plus d'un corps étranger que l'autre sel.

De même, on remarque que l'azotate de strontiane peut cristalliser sous deux formes, dont l'une est identique avec celle de l'azotate de baryte. Alors ces deux sels ont une composition semblable, tandis que dans la seconde forme qu'il affecte, le sel de strontiane renferme cinq équivalens d'eau.

L'isomorphisme de plusieurs corps indique le plus souvent chez eux des rapports qui, en rappelant des propriétés communes, peuvent servir à les classer. C'est ainsi que le phosphore isomorphe de l'arsenic, que le soufre isomorphe du sélénium, offrent entre eux des analogies de propriétés assez grandes pour qu'on puisse les classer dans les mêmes familles.

Enfin ces faits tendent à démontrer, lorsque l'on cherche à remonter à la source, qu'il existe dans la forme des molécules, dans leur groupement et dans leur nombre, des rapports exacts qu'il serait important de pouvoir déterminer ; car si un corps dont la composition n'est pas parfaitement définie, est isomorphe avec un ou plusieurs autres, on est conduit à admettre presque avec certitude, par tout ce qui précède, que ces corps ont une composition analogue. L'aluminium

vient nous en offrir encore un exemple. Comme ce corps n'a qu'un seul degré d'oxydation, il était fort embarrassant de pouvoir déterminer la valeur de son équivalent ; car, outre que cette détermination a lieu par la quantité du corps qui s'unit avec une unité d'oxygène, il faut avoir un point de départ à l'aide duquel on puisse être certain que non-seulement cette quantité du corps, absorbée par 100 parties d'oxygène, constituera l'équivalent du métal, mais encore que cette combinaison produira un oxyde d'un ordre déterminé. C'est pour cela que l'oxyde d'aluminium (l'alumine), donnant à l'analyse 342,33 d'aluminium, et 300 d'oxygène, ce nombre de 342,33 ne peut évidemment pas constituer l'équivalent de l'aluminium, puisqu'il serait triple de celui que donne le rapport primitif qui sert de terme de comparaison ; il faut donc une autre manière de déterminer sa valeur. Alors, par l'examen de ses propriétés, on voit qu'il est isomorphe de l'oxyde de fer, représenté par $Fe^2 O^3$ de l'oxyde de chrôme $Cr^2 O^3$. On en a conclu que, dans l'alumine, l'arrangement des molécules devait être le même ; et par conséquent l'expression de sa composition devient

Al^2O^3, ce qui met cet oxyde au rang des sesqui-oxydes.

Cependant M. Mitscherlich a démontré que le même corps pouvait offrir deux formes primitives différentes et incompatibles. Le soufre et la chaux en présentent des exemples frappans ; car cette dernière surtout est, dans certains cas, *isomorphe* avec l'oxyde de plomb et de strontium ; tandis qu'en d'autres circonstances elle contracte des formes qui la rangent avec les protoxydes de plomb, de fer, de manganèse, etc.... L'*isomorphisme* n'est donc qu'un fait particulier, qui demande encore un examen plus approfondi, surtout lorsque l'on admet, avec M. Mitscherlich, que la forme cristalline est indépendante de la nature des molécules, et qu'elle n'est déterminée que par leur nombre et leur position relative. C'est pourquoi, jusqu'ici, la règle de l'*isomorphisme* n'a été appliquée rigoureusement qu'au développement de la théorie atomique, théorie toute d'hypothèses.

Cependant cette découverte de l'isomorphisme peut être d'un grand secours à l'étude de la chimie, et porte avec elle un cachet de vérité qui doit

la rendre féconde en bons résultats, car elle n'est encore, sans doute, qu'imparfaitement connue.

A côté de l'*isomorphisme* vient naturellement se placer l'*isomérisme*, qui semble en faire la contre-partie; car, tandis que nous voyons les corps isomorphes remplir, dans un composé, les mêmes fonctions qu'un autre corps qui a le même groupement moléculaire que lui, les corps *isomères*, au contraire, tout en possédant les mêmes élémens, et dans le même rapport pondérable, présentent des différences fort tranchées dans leurs propriétés. C'est qu'alors le groupement moléculaire n'est plus le même, l'arrangement diffère, et, sous le même volume, il y a alors des quantités de matière différente, qui déterminent le rapport des élémens constituans. Les hydrogènes carbonés nous en offrent les exemples les plus nombreux : beaucoup sont formés dans les mêmes rapports, lorsqu'on les considère dans l'expression brute de leur composition; mais ils se distinguent tous les uns des autres, lorsque l'on examine de plus près leurs propriétés, et surtout lorsque, par leurs densités respectives ou celles qu'ils prennent à l'état gazeux, on découvre

que sous le même volume ils contiennent des proportions différentes de matière, en un mot, que le mode de condensation des élémens est différent. Ainsi, ces carbures, qui tous sont formés de carbone et d'hydrogène, en des rapports égaux, cependant diffèrent essentiellement, lorsque l'on mesure les diverses quantités qu'il en existe dans un volume donné. Ainsi l'on trouve que ces gaz, mesurés sous le même volume, présentent la variation suivante :

1 même volume de vapeur contient	$C^4 H^4$ = mithylène.
	$C^8 H^8$ = gaz oléfiant.
	$C^{16} H^{16}$ = hydrogène bi-carboné de l'huile.
	$C^{64} H^{64}$ = cétène.

Comme on le voit, en supposant que, sous le même volume, le nombre de molécules diffère, on a l'explication des différentes propriétés de ces corps. Ces exemples sont fort nombreux, et ne se présentent qu'avec le caractère qui différencie les êtres, c'est-à-dire la proportion et l'arrangement des élémens.

Il est donc naturel qu'il soit venu à l'esprit des chimistes de rechercher, par tous les moyens pos-

composans contre un autre corps, qui sera pris en proportion convenable, c'est-à-dire en équivalent, et qu'il possédera une disposition moléculaire équivalente, telle que ce nouveau corps puisse déplacer le premier, ou, en d'autres termes, qui pourra présenter, dans la nouvelle forme qu'il prendra, une disposition moléculaire dans laquelle les forces attractives s'exerceront avec plus d'intensité.

Ce phénomène est donc général, et peut s'étendre plus loin que ne l'avait d'abord pensé Berthollet, puisqu'il ne l'applique qu'à la classe des sels. Les idées de ce chimiste peuvent être résumées de la manière suivante : *Lorsque l'on mélange deux sels en dissolution dans l'eau, et que, par l'échange réciproque de leurs bases et de leurs acides, il peut résulter un sel soluble et un sel insoluble, une double décomposition s'effectue.*

L'expérience suivante justifie très bien cette proposition : que l'on verse dans une dissolution d'azotate de baryte une dissolution de sulfate de soude, on obtient de suite un précipité blanc, qui est du sulfate de baryte; c'est ce que la formule suivante exprime :

Az O^5 Ba O	azotate de baryte.
SO^3 Na O	sulfate de soude.

qui deviennent :

SO^3 Ba O	sulfate de baryte insoluble.
Azo^5 Na O	azotate de soude soluble.

Il y a donc eu échange réciproque des acides et des bases, parce que les forces attractives, évidemment, qui unissent l'acide sulfurique à la baryte, sont plus énergiques que celles qui existaient auparavant. Ce qu'il faut bien remarquer, surtout, c'est que l'échange a eu lieu dans le rapport qui existait avant entre les équivalens; et comme seulement les corps changent d'espèces, sans toutefois changer ces rapports, le même équilibre existe après la réaction comme avant.

Depuis ces remarques de Berthollet, on a pu étendre ces faits à d'autres corps que les sels, et l'on peut aujourd'hui les énoncer de la manière suivante :

1° *Toutes les fois que deux corps solubles sont mis en contact, si, de l'échange réciproque de leurs bases et de leurs acides, il peut résulter un composé insoluble ou moins soluble que*

composans contre un autre corps, qui sera pris en proportion convenable, c'est-à-dire en équivalent, et qu'il possédera une disposition moléculaire équivalente, telle que ce nouveau corps puisse déplacer le premier, ou, en d'autres termes, qui pourra présenter, dans la nouvelle forme qu'il prendra, une disposition moléculaire dans laquelle les forces attractives s'exerceront avec plus d'intensité.

Ce phénomène est donc général, et peut s'étendre plus loin que ne l'avait d'abord pensé Berthollet, puisqu'il ne l'applique qu'à la classe des sels. Les idées de ce chimiste peuvent être résumées de la manière suivante : *Lorsque l'on mélange deux sels en dissolution dans l'eau, et que, par l'échange réciproque de leurs bases et de leurs acides, il peut résulter un sel soluble et un sel insoluble, une double décomposition s'effectue.*

L'expérience suivante justifie très bien cette proposition : que l'on verse dans une dissolution d'azotate de baryte une dissolution de sulfate de soude, on obtient de suite un précipité blanc, qui est du sulfate de baryte; c'est ce que la formule suivante exprime :

Az O^5 Ba O	azotate de baryte.
SO^3 Na O	sulfate de soude.

qui deviennent :

SO^3 Ba O	sulfate de baryte insoluble.
Azo^5 Na O	azotate de soude soluble.

Il y a donc eu échange réciproque des acides et des bases, parce que les forces attractives, évidemment, qui unissent l'acide sulfurique à la baryte, sont plus énergiques que celles qui existaient auparavant. Ce qu'il faut bien remarquer, surtout, c'est que l'échange a eu lieu dans le rapport qui existait avant entre les équivalens; et comme seulement les corps changent d'espèces, sans toutefois changer ces rapports, le même équilibre existe après la réaction comme avant.

Depuis ces remarques de Berthollet, on a pu étendre ces faits à d'autres corps que les sels, et l'on peut aujourd'hui les énoncer de la manière suivante :

1° *Toutes les fois que deux corps solubles sont mis en contact, si, de l'échange réciproque de leurs bases et de leurs acides, il peut résulter un composé insoluble ou moins soluble que*

les deux préexistans, une double décomposition s'effectue.

J'exprime ainsi un résultat final, sans me préoccuper de savoir si la décomposition a lieu au moment du mélange, ou si seulement la séparation n'a lieu que lorsqu'en faisant évaporer le dissolvant, le moins soluble des deux cristallise ou se précipite le premier. C'est par cette méthode que souvent l'on se débarrasse d'un corps qui cristallise plus promptement que d'autres, qui, par conséquent, restent en dissolution.

2° Cette action n'est pas limitée à ces termes : elle peut aussi s'effectuer entre deux composés dissous, pouvant donner naissance à deux nouveaux corps *insolubles ;* mais il faut toujours remarquer que, dans ce cas, il y aura un corps qui possédera une force d'agrégation bien plus considérable que l'autre.

3° L'influence des masses mises en présence, et de la température à laquelle on expose le mélange, est encore capable de produire les mêmes phénomènes. Par exemple, le sulfate de baryte est un des sels le plus insolubles que la chimie reconnaisse; cependant il est décomposé si on le

chauffe fortement avec du chlorure de calcium, qui est un corps, au contraire, fort soluble. Cette action a lieu bien plus facilement si, au lieu d'être fixe, l'un des corps est volatil.

On peut de même rattacher à ce principe le phénomène de la précipitation d'un métal par un autre. Ainsi, lorsque je mets une lame de fer dans un sel de cuivre, tout ce dernier est précipité sur le fer, et la liqueur, qui n'en contenait pas trace, en est exclusivement formée après. Aussi trouve-t-on moins de solubilité dans le sel de fer que dans celui de cuivre, et également une cohésion plus grande, qui s'étend jusqu'au métal composant.

Tous ces phénomènes jusqu'alors ont été mis sur le compte de l'*affinité :* mais c'est se payer facilement par un mot qui n'exprime pas un seul fait qui se rapproche même de l'action qu'il retrace. Ne peut-on pas dire, au contraire, que tous ces résultats ne sont déterminés que par les lois de l'attraction; que toutes les fois que, par la nature, la forme, en un mot, par toutes les propriétés des molécules, elles peuvent contracter une cohésion plus considérable, le nouveau pro-

duit prend naissance. Au moins là le résultat final est déjà une preuve à l'appui du raisonnement, qui lui-même y est en harmonie. Avec des phénomènes analogues, on peut toucher le produit et apprécier cette cohésion, même par sa solubilité ou sa résistance : on peut donc croire être dans le vrai, quand surtout on ne sort pas des bornes tracées par les faits.

Cependant l'influence de l'affinité n'a pas été la seule explication que l'on ait donnée de toutes ces réactions de composition et de décomposition ; on a recherché dans la *nature électrique* de chaque corps le lien qui unit les molécules, la cause même de cette affinité. Cette idée est séduisante, et d'autant plus qu'elle s'appuie sur des faits en harmonie presque toujours avec les explications qu'elle suggère. On n'est pas surpris, par conséquent, de voir beaucoup de noms illustres s'y rattacher, parmi lesquels il faut citer d'abord Œrsted, Berzélius, Davy, Ampère, etc.

Cette théorie, quoique appuyée de noms aussi recommandables, n'est cependant pas à l'abri de tout reproche ni de toute contradiction. Là même est la cause de la diversité de pensées sur

cette même matière. Sans remonter à présent jusqu'aux opinions personnelles de chacun de ces maîtres, je vais essayer de donner une idée exacte de la base de la théorie des combinaisons et des décompositions, c'est-à-dire de la théorie *électro-chimique*, telle qu'on peut, je crois, la résumer aujourd'hui, puisque je ne peux m'appuyer sur des faits qui sont inconnus ou étrangers à ceux qui commencent la chimie.

Si l'on se rapporte au principe général de l'union des corps, on trouve d'abord que leurs molécules, une fois dans un état d'équilibre déterminé, se maintiennent unies par la force universelle de l'attraction, spécialisée alors sous le nom de cohésion ; et encore qu'à côté de cette force il s'en trouve une autre (l'électricité) qui, pour le même état du corps, y existe d'une manière latente, en état d'inertie, mais que la moindre cause qui rompt cet équilibre peut mettre en mouvement. Or, chaque être, chaque particule de matière, chaque corps, enfin, possédant cette force électrique, mais modifiée selon tous les rapports de sa forme, de son poids, de sa structure, en un mot, manifestera au contact d'autres corps sa

propriété électrique, qui, par cela même, pourra être positive à l'égard des uns, et négative pour les autres, puisque nous admettons que ces caractères de positive et de négative ne sont que relatifs à la constitution de tous les corps. Dès-lors, il en résulte, qu'arrivée à un certain point, en raison de la perturbation que l'on fait éprouver à ce corps, l'équilibre est rompu, la seconde force l'emporte sur la première, les molécules attachées par la cohésion se quittent, parce qu'elles rencontrent d'autres molécules possédant une électricité de nom contraire qui les attire plus fortement, et qui dans cet instant les réunit. Une fois le contact établi, les forces électriques se sont neutralisées et le nouveau rentre sous l'empire des lois de l'attraction ordinaire.

Cette explication sommaire peut rendre compte de la combinaison des corps : on la voit ainsi s'effectuer avec d'autant plus de force que l'antagonisme électrique des corps est plus considérable ; et l'on y trouve encore cette explication, pourquoi les corps qui s'unissent avec le plus d'énergie sont aussi les plus dissemblables de structure et de propriétés. L'augmentation de

chaleur, l'étincelle, sont encore facilement expliquées par ce choc de deux électricités contraires. Enfin, cette théorie de l'union des corps, prédisposés par l'électricité, est en harmonie avec les faits que nous présentent les réactions chimiques, et répond au plus grand nombre des explications désirées, car elle a pris naissance au sein de la chimie, elle a été créée par l'expérience directe, et recueillie par des chimistes : on n'est donc plus surpris de trouver en elle toute cette harmonie.

Cependant elle n'est pas encore complète ; tous les jours on voit apparaître des faits qui s'élèvent tantôt pour et tantôt contre, mais auxquels elle résiste, comme le font tous les raisonnemens basés sur des faits, avec la force que donne la vérité. Chacun l'arrange alors, car elle ne peut être détruite, puisqu'il est constant qu'aucune action chimique ne peut avoir lieu sans dégagement d'électricité, que l'on peut saisir, et qu'il ne faut plus que mesurer. Alors on aura l'explication des modifications que les hommes illustres que j'ai nommés déjà, et que d'autres encore lui ont fait subir, car chacun a cherché à lui donner toutes

les ressources qui peuvent la mettre en accord avec quelques faits qui semblaient d'abord contradictoires, mais aucun ne l'a contestée. Je ne peux m'étendre ici davantage sur ce sujet ; j'aurais besoin de citer à chaque instant des exemples que celui dont l'esprit se prépare à l'étude ne peut évidemment posséder. Ici donc je borne ces préliminaires. Je crois qu'à leur aide les phénomènes de la chimie générale deviendront plus faciles, car tout s'enchaîne dans cette science, et elle ne peut et ne doit être considérée que comme l'expression de lois naturelles chez lesquellès l'arbitraire ne se glisse jamais : un fait y est toujours une vérité, dont il faut rechercher l'origine.

Ce travail serait encore plus incomplet qu'il ne peut l'être, si à ces notions générales ne venaient s'adjoindre toutes les théories nouvelles des chimistes créées pour l'explication la plus rationnelle des faits restés jusqu'ici sans interprétation. Je tâcherai donc de la même manière de mettre en regard, comme complément des études chimiques, toutes ces idées, en m'appuyant alors sur des faits que je pourrai supposer connus, et conséquemment qu'il m'était impossible d'abor-

der logiquement ici, sur le seuil de la porte qui doit conduire le lecteur dans le champ le plus vaste de l'observation et des faits.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE TROISIÈME.

CHAPITRE QUATRIÈME.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

ERRATUM.

Page 39, ligne 13, au lieu de *les réactions*, lisez *les phénomènes.*



